

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

---

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**



***МАТЕРІАЛИ***

***Х ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ СТУДЕНТСЬКОЇ  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
«СТАЛИЙ РОЗВИТОК МІСТ»***

***ЧАСТИНА 2***

**ХАРКІВ  
ХНУМГ ім. О.М. Бекетова  
2017**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**Матеріали**

***X Всеукраїнської студентської науково-технічної  
конференції «Сталий розвиток міст»***

**ЧАСТИНА 2**

**ХАРКІВ  
ХНУМГ ім. О.М. Бекетова  
2017**

УДК 061.3:378  
ББК 74.58+66.75  
М 34

*Редакційна колегія:* Сухонос М.К., д-р техн. наук, доц.; Старостіна А.Ю., канд. техн. наук; Поліщук В.М., канд. техн. наук, доц.; Ткачов В.О., канд. техн. наук, доц.; Шпіка М.І., канд. техн. наук, доц.; Щербак Я.В., д-р техн. наук, проф.; Сталінський Д.В., д-р техн. наук, проф.; Неежмаков П.І., д-р техн. наук, доц.

**Матеріали X Всеукраїнської студентської науково-технічної**  
М 34 конференції «Сталий розвиток міст» (82-ї студентської науково-технічної конференції ХНУМГ ім. О. М. Бекетова) : в 4-х ч. / Ч. 2. — Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. — 210 с.

Розглядаються питання розробки та впровадження технічних засобів експлуатації електротранспорту, електропостачання та освітлення міст, які підвищують їх експлуатаційну надійність.

Висвітлюються актуальні проблеми процесу очищення природніх та стічних вод, функціонування системи водопостачання та водовідведення.

**УДК 061.3:378**  
**ББК 74.58+66.75**

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

**Сухонос М.К.** – д-р техн. наук, доцент, проректор з наукової роботи, голова оргкомітету;

**Старостіна А.Ю.** – канд. техн. наук, начальник науково-дослідної частини, заступник голови оргкомітету.

### Склад оргкомітету:

**Писаревський І.М.** – д-р екон. наук, професор, декан факультету менеджменту;

**Поліщук В.М.** – канд. техн. наук, доцент, декан факультету електропостачання і освітлення міст;

**Яковлев Є.А.** – канд. техн. наук, доцент, декан будівельного факультету;

**Рищенко Т.Д.** – канд. техн. наук, доцент, декан факультету архітектури, дизайну та образотворчого мистецтва;

**Соловійов О.В.** – канд. екон. наук, професор, декан факультету економіки і підприємництва;

**Ткачов В.О.** – канд. техн. наук, доцент, декан факультету інженерних мереж та екології міст;

**Шпіка М.І.** – канд. техн. наук, доцент, декан факультету транспортних систем та технологій;

**Вотінов М.А.** – канд. архіт., зав. кафедри архітектурного проектування та рисунку;

**Семенов В.Т.** – канд. архіт., професор, зав. кафедри міського будівництва;

**Осиченко Г.О.** – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедри архітектури будівель і споруд та дизайну архітектурного середовища;

**Шмуклер В.С.** – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри будівельних конструкцій;

**Мамонов К.А.** – д-р екон. наук, доцент, зав. кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем;

**Сталінський Д.В.** – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод;

**Щербак Я.В.** – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри електричного транспорту;

**Несізмаков П.І.** – д-р техн. наук, доцент, зав. кафедри світлотехніки і джерел світла;

**Димченко О.В.** – д-р екон. наук, професор, зав. кафедри економіки підприємств, бізнес-адміністрування та регіонального розвитку;

**Новікова М.М.** – д-р екон. наук, професор, зав. кафедри менеджменту і адміністрування;

**Гаруст А.Ю.** – студентка VI курсу факультету електропостачання і освітлення міст, голова студентського Сенату;

**Бортник В.Е.** – студентка II курсу будівельного факультету, заступник голови студентського Сенату.



# **РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ОСВІТЛЕННЯ МІСТ, ЯКІ ПІДВИЩУЮТЬ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ НАДІЙНІСТЬ**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ НАЯВНІСТЮ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ПОКАЗНИКАМИ НАДІЙНОСТІ**

**Колеснік В.Е.**

*Науковий керівник – Трунова І.М., канд. техн. наук, доцент  
(Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка)*

Одним з основних показників надійності електропостачання споживачів є SAIDI – System Average Interruption Duration Index (індекс середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні в системі), що розраховується як відношення сумарної тривалості відключень точок продажу електричної енергії внаслідок усіх довгих перерв в електропостачанні за звітний період до загальної кількості точок продажу електричної енергії. Цей показник впроваджений Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, для оцінювання надійності електропостачання споживачів як того вимагає Закон України «Про електроенергетику» [1]. Він також широко використовується для аналізу надійності електромереж у багатьох країнах світу, зокрема, в економічно розвинутих країнах ЄС.

У бенчмаркінг-звіті Ради органів регулювання енергетики ЄС – Council of European Energy Regulators (CEER), що був оприлюднений у 2015 році [2], наведені дані щодо індексів SAIDI та інших показників надійності електропостачання споживачів для різних країн ЄС в період з 1999 року по 2013 рік.

Також у цьому звіті приведені дані щодо наявності в країнах ЄС кабельних ліній електропередачі. На рисунку 1 показана статистика процентного співвідношення кабельних ліній до загальної кількості ліній електропередачі у середнь- та низьковольтних мережах країн ЄС.

Аналізуючи дані бенчмаркінг-звіту CEER щодо наявності кабельних підземних ліній та індекси SAIDI в країнах ЄС, були отримані залежності між процентним відношенням підземних кабельних ліній в країні та індексом SAIDI.

Наприклад, для мереж середньої напруги та індексів SAIDI 2013 року з використанням електронних таблиць Microsoft Excel з величиною достовірності апроксимації  $R^2 = 0,87$  була отримана залежність

$$Y = 0,0112 \cdot X^2 - 2,2488 \cdot X + 127,29, \quad (1)$$

де  $Y$  – індекс SAIDI в мережах середньої напруги в 2013 році;

$X$  – процент підземних кабельних ліній у країні від загальної кількості ліній електропередачі.

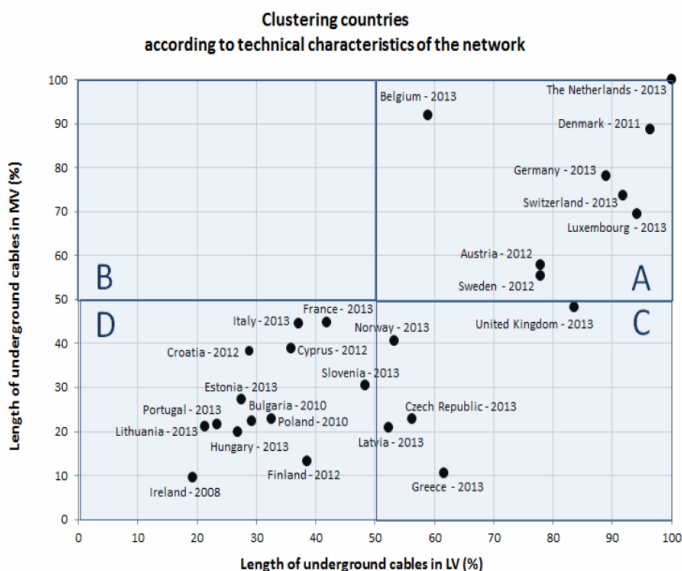


Рисунок 1 – Статистика наявності кабельних підземних ліній в країнах ЄС (% до загальної кількості ліній електропередачі у середне- та низьковольтних мережах) [2]

**Висновок.** Отримані залежності показують, що підземні кабельні лінії підвищують надійність електропостачання споживачів.

1. Закон України «Про електроенергетику» (із змінами, внесеними згідно із Законами № 1804-VIII від 22.12.201): [Електронний ресурс] // Офіційний веб-портал Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/575/97-вр>

2. CEER Benchmarking Report 5.2 on the Continuity of Electricity Supply: [Electronic resource] // Official website of CEER. – Mode of access to the website: [http://www.ceer.eu/portal/page/portal/EER\\_HOME/EER\\_PUBLICATIONS/CEER\\_PAPERS/Electricity/Tab4](http://www.ceer.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_PUBLICATIONS/CEER_PAPERS/Electricity/Tab4)

## СВІТЛОДИНАМІЧНА СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ ДИСПЕТЧЕРСЬКИХ ПУНКТІВ

*Дюмін Е.С.*

*Науковий керівник – Говоров П.П., д-р техн. наук, професор*

Сучасні міста є складними технічними системами з множиною внутрішніх і зовнішніх зв'язків. Вони утворюють техносферу міст, як комплекс технічних засобів, що безперервно розширюються і стають більш складнішими, впливають на людину в її соціальній і біологічній сферах. Сукупність техносфери з її соціальною і біологічною сферами утворюють екологічну сферу людини, яка визначає умови перебування людей в містах.

*Мета роботи полягає* в підвищенні показників роботи працівників, що відносяться до енергосистеми міста, для підвищення технічних, економічних, а іноді й екологічних показників самого міста.

*Актуальність теми* полягає в тому, що в основу сучасних технологій освітлення покладені питання економії паливних та енергетичних ресурсів, що обумовлено розвитком освітлення та його утилітарної й архітектурно-художньої систем. Одним з варіантів вирішення даної проблеми є перехід на застосування енергоощадних джерел світла. Це відкриває можливість впровадження принципово нових технологій в області освітлення, генерацію широкого спектра випромінювання й високу динаміку його зміни. Однак застосування таких систем вимагає, у свою чергу, розробки концепції, моделей і принципів побудови й функціонування цих.

У якості критерію ефективності роботи освітлювальних установок у наш час розглядається тільки один – економічний критерій. У той же час у сучасних умовах актуальною проблемою є вплив зовнішнього середовища на здоров'я людини. В останні роки відзначається перехід короткострокових змін у стані здоров'я під впливом негативного екологічного впливу (гострі захворювання) у хронічні рецидивуючі форми.

Однак у відомих публікаціях практично не представлені науково-обґрунтовані економічні критерії оцінки впливу на здоров'я населення екологічних факторів, у тому числі світлового й колірного забруднення. У цих умовах функціонування освітлення в середовищі перебування людини впливає на рівень його працездатності й загальний стан здоров'я. Тому виникає необхідність в удосконалюванні методів і критеріїв оцінки впливу світлокольорового простору на організм людини на основі врахування критеріїв соціальної й екологічної адекватності.

*Наукова новизна роботи* полягає в удосконаленні методів та критеріїв оцінки впливу на людину світлокольорового середовища та створенні динамічної системи освітлення для диспетчерських пунктів із використанням світлодіодної лампи із регульованою колірною температурою.

Найбільш напруженою є робота персоналу, який здійснює управління особливо важливими об'єктами промислового і міського середовища. Сюди відносяться, перш за все, персонал диспетчерських пунктів та пунктів управління різного призначення, наприклад диспетчерські пункти енергосистем.

Зростання протяжності електричних мереж, складу і різноманітності режимів роботи споживачів, при одночасному підвищенні вимог до надійності, роблять роботу диспетчерського персоналу все більш відповідальною і напруженою. У цих умовах, все частіше спостерігаються помилкові дії. Рішення проблеми якості роботи персоналу диспетчерських енергосистем вирішується сьогодні за допомогою відповідного підбору персоналу, його періодичної атестації, застосування електронних порадишів і т.д. Проте, як показує практика, зазначені заходи не в повній мірі забезпечують умови нормальної роботи персоналу і, як наслідок, надійну і безаварійну роботу обладнання електричних станцій і мереж. За цих умов необхідним є додаткове психологічне розвантаження персоналу.

*Основним методом*, є впровадження системи динамічного освітлення диспетчерських пунктів енергосистем та комплекс методів та технічних засобів, що забезпечують працездатність цієї системи, а також виконання такої системи на основі енергоефективних світлодіодних ламп.

*Висновок.* Для підвищення ефективності роботи працівників диспетчерських пунктів запропоновано енергоефективні світлодинамічні освітлювальні установки, що значно покращують робоче середовище операторів диспетчерських пунктів і забезпечують корекцію стану працюючих. За рахунок моніторингу стану людей, освітлювальна установка має можливість змінювати свої світлотехнічні характеристики, з метою зменшення негативного впливу умов праці на психосоматичний стан людини.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ Й РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІЙ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ МІСТА**

***Колесник О.А.***

*Науковий керівник – Назаренко Л.А., д-р техн. наук, професор*

Зовнішнє освітлення міст є важливою та невід'ємною складовою інженерно-транспортної інфраструктури міст. Правильно спроектоване освітлення площ і вулиць – це комфорт і безпека людей в темний час доби. Про важливість зовнішнього освітлення говорить факт наявності в Державних будівельних нормах України окремого розділу, присвяченого питанням нормування зовнішнього освітлення.

Головною функцією зовнішнього освітлення є забезпечення життєдіяльності міста в темний період доби, або в умовах недостатньої видимості, а також створення комфортних і безпечних умов для учасників дорожнього руху.

Відомо, що якісне зовнішнє освітлення підвищує продуктивність зорового апарату і істотно впливає на зниження кількості дорожньо-транспортних пригод.

Всі види установок повинні працювати у взаємодії одне з одним, враховуючи яскравість дорожніх покриттів вулиць, площ і тротуарів, яскравість вітрин, світлових реклам і світильників, а також освітлених пам'ятників і фонтанів, ступінь блискоті, що виникає в полі зору людини.

Модернізація мереж зовнішнього освітлення міста України з використанням сучасних енергозберігаючої техніки та технологій надасть можливість підвищити ефективність та якість систем освітлення і зберегти за рахунок цього значної величини бюджетні кошти.

Для підвищення рівня надійності роботи системи зовнішнього освітлення можливе впровадження й розширення функцій систем управління. За рахунок застосування індивідуального контролю і управління окремими світловими приладами шляхом збору та обробки світлотехнічних та електротехнічних даних від кожного світильника. Тим самим забезпечується додатковий контроль виробленої світлової енергії і, відповідає працездатності кожного світильника, а також управління роботою окремих світильників або їх груп.

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ**

*Мудраченко Н.Ю.*

*Наукові керівники – Назаренко Л.А., д-р техн. наук, професор,*

*Іоффе К.І., канд. техн. наук, ст. викладач*

Промислове освітлення – це надзвичайно важливий етап оснащення будь-якого виробництва, так як саме промислове освітлення дозволяє створити сприятливу обстановку для роботи персоналу та функціонування обладнання.

Необхідно, щоб промислове освітлення відповідало усім нормам і стандартам для максимально ефективного використання електроенергії, а також для максимальної площі освітлення робочих зон підприємства.

Промислові світильники с індукційними лампами підходять для освітлення промислових приміщень, цехів, складів та інших.

Індукційні лампи – це модернізована люмінесцентна лампа. Свічення відбувається в газі, що заповнює лампу, шляхом використання трьох фізичних процесів – електромагнітної індукції, електричного розряду в газі, свічення люмінофора при взаємодії з газом.

Головна відмінність цих ламп є те, що в конструкції відсутні електроди, які служать для запалювання люмінесцентних ламп. При тривалій роботі не відбувається розтріскування балона навколо електродів, через відсутність нагріву електродів, і матеріал електрода не осідає на балоні лампи. Завдяки цьому навіть при тривалій роботі індукційні лампи зберігають рівень світлового потоку 80-90% від початкового значення.

Індукційні лампи мають ряд переваг перед іншими джерелами світла, а саме: строк служби понад 100000 годин, ефективна світловіддача 65-90 лм/Вт, швидкий пуск (на відміну від ламп типу ДНаТ і ДРЛ), відсутність мерехтіння (м'який світ, оптимальний для зору), широкий діапазон колірної температури 2700-6500 К тощо.

За своїми характеристиками індукційні лампи дуже близькі до світлодіодних, але мають суттєву перевагу перед ними – це вартість ламп.

Враховуючи основні властивості індукційних ламп та особливості які вони мають, цілком раціонально та економічно вигідно використовувати такі лампи у промисловому освітленні.

## ОСВІТЛЕННЯ ПАРКОВИХ ЗОН ЗА ДОПОМОГОЮ СВІТИЛЬНИКІВ НА СОНЯЧНИХ БАТАРЕЯХ

**Ващенко А.Г.**

*Науковий керівник – Діденко О.М., канд. техн. наук, асистент*

Впровадження нових технологій з використання відновлювальних джерел енергії не обійшло стороною і світлотехніку. Створення світильників нового покоління передбачає використання енергії сонця для освітлення або підсвічування об'єктів паркових зон.

Серед стильних та сучасних способів освітлення парку або дачного дворику виділяється настінні та газонні сонячні світлодіоди світильники.

Настінні сонячні світильники на світлодіодах можна розмістити в будь-якому зручному місці, але головне переконатися, що світильник знаходиться в зоні попадання сонячного світла, інакше батарея не зможе заряджатися. Приблизний час роботи – 6-10 годин, також можуть безперервно працювати кілька днів навіть в дощову погоду.

Газонні світлодіодні світильники на сонячних батареях є зручним і практичним обладнанням. Використовуються для декоративного підсвічування газону. Особливу зручність їх полягає в тому, що при догляді за газоном не заважатимуть зайві дроти, а це дозволяє уникнути ураження струмом та значно спрощує їх розміщення практично в будь-якому місці.

Світлодіодні світильники – надійні, економічні, прості у використанні, не вимагають особливого догляду. Можуть застосовуватися для прикраси зовнішнього ландшафту, дерев, чагарників саду, мансард і веранд замських будинків. У місті такі світильники широко використовують для підсвічування рекламних щитів.

Світлодіодні світильники мають ряд переваг: економічність, довговічність, безпека, компактність і міцність, мале інфрачервоне випромінювання.

А також є ряд і недоліків: висока ціна (доступні за ціною LED елементи мають низьку світлову віддачу, яку можна порівняти зі звичайними люмінесцентними лампами), низька напруга, температура.

Світильники можна використовувати для освітлення найтемніших куточків або ж просто для виділення акценту на будь-якому елементі декору. Якщо на дачі або присадибній ділянці використовуються дачні світильники на сонячних батареях, то рослини можуть отримувати світло, необхідний для росту і розвитку цілодобово. Можна застосовувати їх просто як прикраса, наприклад, щоб виділити клумбу з

трояндами. А садові світильники використовуються в основному як декоративні і мають багато різноманітних форм і забарвлень.

Виходячи з вищесказаного світильники на сонячній енергії можна вважати одним з головних успіхів впровадження нових технологій у світлотехніку. Вони дозволяють використовувати енергію денного світла для нічного освітлення, при цьому залишаючись абсолютно нешкідливими для навколишнього середовища. Такі світильники останнім часом набувають все більшої популярності по всьому світу. Існує багато типів даних світильників, що відрізняються за своїми характеристиками. Вони захищені від вологи, що значно подовжує їх термін служби. За даними виробника сонячних елементів термін служби від 5 до 10 років.

## **РОЗРОБКА АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ГІБРИДНОГО ТИПУ**

***Ніколаєв І.В.***

*Науковий керівник – Литвиненко А.С., канд. техн. наук, доцент*

Використання відновлювальних енергоресурсів є великим кроком на шляху до економії електроенергії та зменшенню викидів шкідливих речовин у атмосферу. Альтернативні види енергії використовуються і в Україні, особливо розвивається сонячна та вітрова енергетика.

На даний момент ринок нашої країни цікавить іноземні компанії через сприятливий клімат. Розробка освітлених систем з використанням сонячної та вітрової енергії може зіграти велику роль у енергетиці всієї країни. Сучасні технології стрімко розвиваються у цій галузі.

Гібридні системи освітлення мають великий простір для технічного проектування. Через те що ми маємо два нетрадиційні джерела енергії ми можемо комбінувати їх для більш ефективної роботи освітлювальної установки. Для кожного міста, за його координатами, можна визначити активність сонця, так ми дізнаємось якого розміру потрібна сонячна батарея. Також вітер має велике значення, тому що саме він буде відновлювати енергію нашому акумулятор вночі.

Для автономної системи освітлення гібридного типу потрібно:

➤ Світлодіодні джерела світла. Вони мають високу економічність, їх світлова віддача досягає від 100 лм/Вт до 250 лм/Вт. Строк служби світлодіодних ламп безперервної роботи не менше 50 тисяч годин. Світлодіодні світильники мають можливість регулювати яскравість за рахунок зниження напруги живлення, це дає змогу використовувати їх в економному режимі в нічний час, що дозволяє економити електроенергію та збільшити строк служби. Світлодіодні світильники є



екологічно чистими пристроями, не впливають на оточуюче середовище та не потребують спеціальної утилізації. Кількість циклів включення-вимкнення не завдають суттєвої шкоди світлодіодам. Безпека таких джерел світла пов'язана з невисокою напругою потрібною для роботи та невеликою температурою.

➤ Видобуток електроенергії за допомогою вітру – перспективне та відновлюване джерело енергії, на відміну від світлових джерел енергії весь рік працює з однаковою силою. Екологічно чисте виробництво без шкідливих відходів, навіть конструкція не потребує спеціальної утилізації. Доступність – мала ціна самої установки та невеликі витрати на її обслуговування. Надійність даного способу добування енергії надає гібридній конструкції не тільки автономність але і надійність безперервної роботи продовж усієї ночі. В більшості регіонів нашої країни мало де можна зустріти тривалий штиль, тому вітрова енергія прекрасне рішення економіки та екології.

➤ Сонячні батареї. Один з важливих параметрів сонячних батарей - максимальний теоретичний ККД. Його значення пов'язане з тим, що напівпровідникові структури, на яких будуються фотоелементи, здатні ефективно поглинати і переробляти тільки певні ділянки спектру. ККД комерційно доступних елементів досягає зараз 16-18%. Ця величина, для сонячної активності нашої країни, цілком задовільна. Задача сонячної батареї на гібридних освітлювальних установках зарядити акумулятор для роботи у темний період доби. Потужність сонячних батарей порівняно з вітровими набагато більша, тому саме вони є основою гібридної установки.

Завдяки комбінації сонячної та вітрової енергії, розміри сонячних панелей та лопатей вітрової установки можна встановити з точки зору економіки.

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОСВІТЛЕННЯМ**

**Буряков Б.В.**

*Науковий керівник – Несєжмаков П.І., д-р техн. наук, професор*

*Інтелектуальна система управління освітленням (ІСУО) – це програмно-апаратний комплекс, що дозволяє контролювати рівень освітлення, організувати облік електроенергії, здійснювати діагностику обладнання. Застосування ІСУО дозволяє зробити освітлення легкокоерованими, економічним і оперативним.*

*Основні завдання ІСУО*

- 1. Енергозбереження;*
- 2. Забезпечення оптимального і стабільного рівня освітленості відповідно до нормативних документів;*

3. Підвищення надійності і ефективності роботи обладнання;
4. Забезпечення оперативного контролю стану обладнання;
5. Забезпечення обліку спожитої електроенергії;
6. Створення комфортних умов роботи персоналу;
7. Зручність управління режимами освітлення.

Сфера застосування даних систем – широка. ІСУО можна встановлювати скрізь, де є штучне освітлення: зовнішнє освітлення, освітлення офісів, аудиторій, конференц-залів, цехів, житлових приміщень і т.д.

Функції ІСУО відрізняються в залежності від області застосування. Так системи, призначені для використання в приміщенні, повинні забезпечувати:

- облік природної освітленості;
- підтримання певного рівня штучної освітленості;
- облік витрати електроенергії;
- врахування присутності людей в приміщенні і т.п.

Якщо системи призначені для зовнішнього освітлення, то необхідно забезпечувати:

- облік часу доби;
- визначення рівня освітленості на певній висоті/площі;
- облік витрати електроенергії;
- дистанційний контроль стану обладнання.

За рівнем інтеграції інтелектуальні системи управління можуть включати як окремі світильники, так і цілі приміщення будівлі, вулиці.

Розробка і застосування ІСУО є актуальним завданням в галузі енергозбереження. І хоча вартість деяких систем висока, терміни окупності ІСУО складають декількох місяців до декількох років.

У доповіді представлені результати розрахунку елементів ІСУО для офісного приміщення, а саме вид і кількість необхідних датчиків, а так само місце їх розташування.

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ СВІТЛОДІЮДНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ**

**Колеснік О.А.**

*Науковий керівник – Назаренко Л.А., д-р техн. наук, професор*

Світло – це найважливіший елемент середовища життєдіяльності людини, керуючий функціями його організму, що впливає на обмін речовин і діяльність залоз внутрішньої секреції. Вплив освітлення на психічний стан пов'язано з потребою людини в правильному чергуванні протилежно діючих на нього світла і тіні.

Важливим фактором є вплив освітлення на циркадний ритм людини:

1) Світло допомагає людині прокинутися. І чим світла більше, і чим він холодніше, чим більше в світі доля синьої складової, тим тонізуючий ефект більше. Світлодіодні джерела бадьорить.

2) Дуже компактні і дуже яскраві джерела світла небезпечні для зору, дуже яскравий джерело призводить до дискомфорту, і навіть незворотного пошкодження зору. Світлодіодні джерела, закриті розсіювачем, представляють не більшу небезпеку, ніж традиційні при тій же габаритній яскравості і колірної температури.

Яскраве світло, а особливо його короткохвильова компонента, впливаючи на особливий тип рецепторів сітківки, викликає зниження рівня мелатоніну в крові – основного гормону, що регулює циркадний ритм, зменшуючи сонливість, збільшуючи працездатність і знижуючи гостроту сезонної депресії

Про важливість внутрішнього будинкового освітлення говорить факт наявності в Державних будівельних нормах України окремого підрозділу, присвяченого питанням нормування освітлення житлових будинків.

В умовах постійного зростання вартості електроенергії і потужності необхідної побутової техніки, якою обладнані житлові будинки, застосування світлодіодних джерел світла, характеристики яких постійно покращуються, може бути достатньо перспективним.

Основними перевагами світлодіодних ламп порівняно з іншими джерелами світла є:

- висока світловіддача (у ламп розжарювання 10-15 лм на 1 Вт електричної потужності, люмінесцентних ламп 40-60 лм/Вт, у світлодіодних ламп – до 150 лм/Вт, а найближчим часом очікується створення світлодіодів з світловіддачею до 300 лм/Вт;
- тривалий термін служби (25-100 тис. годин і більше);
- відсутність мерехтіння світла;
- можливість виготовлення світлодіодів з будь-яким спектром випромінюваного світла, як монохроматичного так і білого;
- легкість регулювання рівня освітленості;
- механічна міцність та волого непрониکنість, надійність роботи в будь-яких умовах;
- високий рівень безпеки, оскільки для живлення світлодіодних світильників використовується електричний струм напругою 12 або 24 В;
- широкий діапазон робочої температури (від – 50 до + 70 °С);
- відсутність у складі шкідливих речовин.

## СВІТЛОДІОДНЕ ЛАНДШАФТНЕ ОСВІТЛЕННЯ

*Огуй О.А.*

*Науковий керівник – Назаренко Л.А., д-р техн. наук, професор*

Ландшафтне освітлення несе в собі як декоративну функцію, так і практичну. Ландшафтний дизайн в останні роки міцно входить в наше життя. Промінь світла в нічному саду - це інструмент, володіючи яким, дизайнер може творити чудеса. Вдале освітлення може чудовим чином змінити сад в темний час доби.

Основне призначення вечірнього освітлення в саду - надання йому незвичайної краси. Щоб досягти найбільшого ефекту, потрібно вміло висвітлити деякі куточки саду, залишаючи інші в темряві; правильно підсвітлити водні поверхні. Освітлення може бути прожекторним, спрямованим.

Освітлення цих місць має на меті:

а) створення привабливого вечірнього ландшафту озелененої території з використанням засобів освітлення як дієвого компонента архітектури зелених насаджень (з виділенням окремих груп дерев, кущів і квітників у сполученні з водними басейнами і фонтанами);

б) створення хорошої орієнтації для відвідувачів озелених територій, що особливо важливо у великих парках;

в) створення для людини умов приємного перебування в алеях, на майданчиках, у водних басейнів.

Для цього освітлення ряду елементів озелених територій має бути м'яким, ненав'язливим.

Освітлення парків і садів. Зона активного відпочинку, де розмішуються чисельні будівлі, споруди, майданчики культурно-просвітницького й розважального характеру, для масового її використання повинна освітлюватися так, щоб освітлювальні установки створювали загальне відчуття парадності, виділення світлом окремих будівель: кінотеатру, зеленого театру, цирку, виставкових павільйонів, комплексу атракціонів, ресторану. Цьому може сприяти диференціація і, навіть, контрастування освітленості на ділянках різного призначення з використанням різних типів світильників і їхніх опор.

Зона тихого відпочинку освітлюється з урахуванням загального планування зони, диференційовано, з деяким посиленням освітленості майданчиків перед такими будівлями, як кафе, кіоски і т. ін., створенням гарної орієнтації шляхом розміщення ліхтарів на поворотах.

Одночасно можна провадити підсвітлювання зелених насаджень – груп дерев, кущів, квітників, що створюють нічну панораму

архітектури зелені. Необхідно також врахувати рельєф території парку, виділяючи кругі узвози, долини тощо.

Освітлення міських садів залежить від характеру саду та його території (якщо територія велика – освітлення виконується як для парку, якщо мала – як для зони тихого відпочинку).

Освітлення скверів і бульварів. Система освітлення скверу вирішується в комплексі площі, на якій він розташований. Освітлюються входи в сквер, фонтани або пам'ятники (якщо вони є) додатково до освітлення площі.

Бульвари освітлюють ліхтарями, розташованими вздовж алеї в загальному ряді з оточуючими алею деревами. Тут слід мати на увазі, що створюються тіні від крон дерев, і вони для алеї є допустимими і можуть створювати приємні сполучання світла і тіні.

## **ОСВІТЛЕННЯ АКВАРІУМА**

*Ходосова А.М.*

*Науковий керівник – Баландаєва Л.Г., асистент*

Від правильного освітлення акваріума залежить багато. Справа в тому, що переважна більшість рослин і рибок, здатних жити і в акваріумі, відбуваються з тропіків. А в цих широтах тривалість світлового дня становить майже 12 годин цілорічно. Отже, треба облаштувати освітлення в акваріумі таким чином, щоб рибки жили в умовах звичного для них світлового дня.

Як правило, акваріумісти вибирають такий метод організації освітлення, при якому світло в акваріумі забезпечується протягом тривалого часу. Правда, такий метод не завжди поєднується з необхідним рибкам і рослинам способом життя. Другий метод передбачає організацію перерв, про що ми говорили вище. Тобто це такий метод, при якому протягом дня освітлення переривається на годину-другу. Нарешті, третій метод – ступінчастий. Ступінчастий метод (як видно з назви) заснований на тому, що певний період часу лампи світять на повну потужність. Згодом ступінчастий метод передбачає поступове зменшення інтенсивності світла, повна його відключення і подальше включення з поступовим збільшенням інтенсивності. Для багатьох ступінчастий метод є найбільш прийнятним.

Розрахунок інтенсивності світлового потоку в акваріумі можна підібрати виключно шляхом свого роду експерименту. Рекомендується брати за основу типовий розрахунок 0,5 В/л, після чого збільшувати або зменшувати інтенсивність. В результаті ви зможете підібрати, скільки становить оптимальний розрахунок для вашого конкретного ви-

падку. Якщо освітлення буде надмірною, то вода в акваріумі почне цвісти, буде розвиватися нитчатка, стінки заростуть водоростями. При недоліку ж світла рибкам стане важко дихати, дрібнолисті рослини почнуть гинути, а акваріум покриється коричневими плямами. У такому разі, можливо, буде потрібно додаткове освітлення.

До світлового спектру особливо вимогливі акваріумні рослини. Справа в тому, що для успішного фотосинтезу рослин потрібна наявність двох вузьких кольорових діапазонів: фіолетово-синього (близько 440 нм) і червоно-оранжевого (приблизно 660-700 нм). Необхідно зазначити, що стандартні люмінесцентні лампи достатнього спектра підсвічування для рослин не забезпечують. Повною мірою організувати потрібний спектр дозволяють сучасні люмінесцентні фіто-лампи. Також може бути організовано світлодіодне освітлення акваріума (LED).

При установці освітлення в акваріум потрібно визначитися з використовуваними лампами. Їх різноманітні види, але кожен характеризується як достоїнствами, так і недоліками. Розглянемо це питання докладніше. Довгий час акваріум оснащували звичайними лампами розжарювання. Згодом вони були замінені енергозберігаючими лампами. Однак слід визнати, що забезпечення освітлення в акваріумі подібними лампами – це застарілий варіант. Справа в тому, що користування лампами (в тому числі і енергозберігаючими) не дає достатньої кількості світла. До того ж подібні лампи гріють занадто багато, що в підсумку призводить до порушення теплового балансу в акваріумі. Аналогічна ситуація і при користуванні енергозберігаючими лампами. Гарну інтенсивність світла дозволяють отримати люмінесцентні лампи. Однак вище ми вже відзначили, що люмінесцентними лампами неможливо забезпечити потрібний рослинам світловий спектр. Хорошим варіантом можуть бути сучасні фітолампи. Подібне освітлення повинно забезпечити оптимальну інтенсивність світла, а також організувати необхідний спектр. Правда, обладнати акваріум подібними лампами – задоволення не дешеве. LED (освітлення світлодіодами, LED) – це новий, зручний і досконалий спосіб подачі світла. Справа в тому, що LED максимально наближені до природного сонячного світла. При освітленні акваріума допомогою світлодіодного освітлення LED виходить підтримувати стабільність температурного режиму води. Крім того, ресурс у LED перевищує типові терміни служби інших видів ламп. Є ще два позитивних аспекти користування світлодіодами LED. По-перше, LED – це можливість самостійного регулювання яскравості освітлення. По-друге, LED забезпечує різноманітну кольорну гаму освітлення. В результаті використання LED виходять прекрасні картини підводного життя.

## ПЕРЕВАГИ І АКТУАЛЬНІСТЬ СВІТЛОДІОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

**Сергійчук А.А.**

*Науковий керівник – Назаренко Л.А., д-р техн. наук, професор*

Енергозберігаючі системи освітлення, які сьогодні повсюдно впроваджуються в наше життя, змушують розробників такого обладнання шукати нові технології. Одним з таких напрямків є світлодіодне освітлення. Джерелом світла тут є світлодіоди (LED). На їх основі і виготовляється світлове світлодіодне обладнання. До переваг світлодіодного освітлення відносяться:

- висока енергоефективність;
- екологічність;
- великий ресурс роботи;
- величезний потенціал технології.

Сьогодні дуже актуальним залишається питання зовнішнього світлодіодного освітлення. Таке освітлення має ряд переваг:

- споживачів може економити електроенергію;
- не потрібно часто міняти лампи розжарювання, що додатково знижує витрати на їх експлуатацію і обслуговування;
- все енергозберігаючі прилади світла, які використовуються сьогодні, мають набагато менший термін служби, вони дуже вразливі до ударів і вібрацій і погано переносяться часте включення.

Ще одним великим перевагою світлодіодних світильників вважається те, що вони безпечні. Освітлення квартири за допомогою світлодіодів, (зокрема світлодіодне освітлення стелі) сьогодні набуває все більшого поширення завдяки значній економії, через тривалого терміну служби світлодіодів. Таке світлодіодне освітлення знайшло своє застосування в світлотехніці, для створення освітлення в сучасних дизайнських проектах (освітлення різних офісних будівель, будинків, котеджів, басейнів, і багато чого іншого). Одним з майбутніх напрямків, є світлодіодне освітлення теплиць. Аварійне світлодіодне освітлення відіграє велику роль у забезпеченні безпеки людей у разі виникнення пожежі, аварії, або інших небезпечних ситуацій, і застосовується в самих різних сегментах. Світлодіодне освітлення вулиць дозволяє набагато знизити витрати енергоспоживання, інтенсивність такого освітлення можна контролювати. Світлодіодне освітлення (LED) дасть чистий і яскраве світло. Такі системи освітлення знаходять широке застосування в рекламі. Зараз на світовому ринку спостерігається величезне зростання виробництва світлодіодів. Причому, найоптимістичніші оцінки прогнозують практично подвоєння обсягів світового виробництва LED в найближчі роки.

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ ПРОЕКТ ОСВІТЛЕННЯ МАГАЗИНУ

*Скалига А.Ю.*

*Науковий керівник – Васильєва Ю.О., канд. техн. наук, доцент*

У будь-якій галузі людської діяльності освітлення відіграє велику роль, тим більше, якщо ця сфера пов'язана з торгівлею та продажами. Професійно виконане світлове оформлення може допомогти в створенні неповторного стилю, властивого лише даному магазину, привернути до нього покупців і навіть маніпулювати ними, наприклад, спрямовуючи від одного прилавка до іншого, примусити звертати увагу на новинки. Щоб досягти максимального освітлювального ефекту, системи освітлення магазинів і торгових майданчиків продумуються ще на стадії проекту.

При створенні дизайн-проекту освітлення магазину треба враховувати розміщення торгівельного обладнання. Згідно з нормами для торгових комплексів нормується в якості кількісного параметра - освітленість у 300 лк, у якості якісних параметрів нормується: коефіцієнт пульсації (не більше 20%), об'єднаний показник дискомфорту UGR (не більше 60), циліндрична освітленість (не менше 100 лк).

При освітленні магазинів сьогодні крім загального освітлення активно використовують акцентне. Як показує аналіз сучасної номенклатури світильників, які пропонуються виробниками для акцентного освітлення торгівельних павільйонів їх можна розділити на трекові, шинні, з поворотними механізмами і карданні. Крім того, освітлення не повинно спотворювати колір товару, тому при підборі світильників для торгівельної зали враховується такий показник, як загальний індекс кольоропередачі (для магазинів одягу рекомендується  $R_a > 80$  та колірна температура у межах 2800-6500K). Все це можна досягти завдяки світлодіодним світильникам, які перекривають весь діапазон оптичного спектру, а інтенсивність випромінювання світильника залежить від потужності протікаючого через нього струму, також вони мають ряд переваг, таких як невисока електрична потужність (отже, і економічність), відсутність баласту, низьке тепловиділення.

Акцентного освітлення у магазині в співвідношенні із загальним, має бути близько 70%. З допомогою правильного вибору світильників можна створити окремий формат світла для кожної ділянки магазину. Для створення загального освітлення краще вибирати лампи, з високою колірною температурою, тобто 4000 К – це повинен бути світло природного білого відтінку.

У всьому світі освітлення товарів вже давно стало повноправним інструментом їх успішного продажу. За оцінками маркетологів, прави-



льно спроектоване світло може збільшити прибутковість торгової точки на 20-30 %.

## **ЗОВНІШНЄ ОСВІТЛЕННЯ СУЧАСНОГО МЕГАПОЛІСУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ І ТУРИСТИЧНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ**

*Довгаль А.О.*

*Науковий керівник – Ляшенко О.М., ст. викладач*

Сьогодні важко уявити місто, вулиці якого б не були освітлені в темний час доби. Вуличні світильники, святкові гірлянди й інсталяції, зовнішня реклама, декоративна підсвітка фасадів будівель – все це створює неповторну картину нічного життя мегаполісу. Його гармонічність багато в чому пов'язана з коректним плануванням міського освітлення, створенням єдиної світло-колірної концепції і оптимізованим керуванням. Раніше головною вимогою до освітлення була функціональність – гарна видимість ввечері і вночі, що гарантувала комфорт і безпеку мешканців. Однак в наш час з урахуванням зростаючих потреб, стрімкого розвитку нових технологій і конкуренції на ринку світлотехнічних рішень, підхід до створення нічного вигляду міста повинен бути більш комплексним і творчим.

Від правильного освітлення залежить набагато більше, ніж здається на перший погляд. Сьогодні все частіше можна почути про брендинг міст, створенні їх унікального образу. Одну з найважливіших ролей в цьому відіграє функціональне і архітектурно-художнє освітлення. Воно стало ключовим елементом, що визначає характер і задає настрій. Коректно спроектоване світлове оформлення робить місто привабливішим для мешканців, туристів і бізнесу.

Майстерно освітлені будівлі, пам'ятники, парки і фонтани надають індивідуальність і навіть становляться символами для мешканців. Не менш важливий вплив надає освітлення на підвищення безпеки. Зменшується рівень вуличної злочинності, оскільки частіше всього правопорушення відбуваються в темних провулках та малолюдних місцях. Крім того, коли в центрі міста світло і красиво, це додає відчуття комфорту і безпеки всім без винятку людям.

Сьогодні світлодіодні світлові рішення підсвітки об'єктів міського середовища є дуже часто найкращим варіантом, однак виникають ситуації, коли конфігурація будівлі, її розмір і світловий візуальний ефект, якого прагнуть досягнути, неможливо реалізувати тільки на основі світлодіодного обладнання.

В Європі вже давно існує тенденція з інтеграції освітлення в міське середовище за рахунок створення профільних державних організацій, що займаються тільки освітленням. Ці спеціальні департаменти з розробки, реалізації і просування генерального плану освітлення поступово реалізують програми з комплексного світлового оформлення міст.

В Україні ці функції покладені в основному на міські адміністрації і комунальні служби, у яких не завжди вдосталь коштів і відповідних фахівців для розробки і реалізації комплексних планів створення єдиного світлового простору в темний час доби

## **РОЗРОБКА ЦИРКАДНОЕФЕКТИВНОЇ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ПРОМИСЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ**

***Красношанка К.І.***

*Наукові керівники – Назаренко Л.А., д-р техн. наук, професор,  
Юффе К.І., канд. техн. наук, ст. викладач*

З моменту відкриття нового типу світлочутливих клітин, які реагують на світло, впливають на рівень мелатоніну в крові і регулюють циркадний ритм, дія світла інтенсивно досліджується. У наш час важливим завданням є створення з одного боку енергоефективного та з іншого боку якісного освітлення з урахуванням незорового впливу видимого світла на організм людини.

Вплив джерел світла на секрецію гормону мелатоніну важливо враховувати в освітленні промислового приміщення. Останні дослідження спрямовані на те, як за допомогою штучного освітлення поліпшити самопочуття і мотивацію працюючих, у тому числі в умовах змінної роботи.

Промислове освітлення використовується для великого числа зорових робіт та інтер'єрів у маленьких майстернях і величезних заводських цехах для високоточної роботи й розв'язання масштабних виробничих завдань.

Вимогами існуючих стандартів або рекомендацій визначені рівні освітленості приміщення офісу при відсутності природного світла в межах 100-500 лк. У металургійній промисловості рівень освітленості повинен бути збільшений від 300 до 2000 лк. При таких рівнях освітленості виникають біологічні ефекти без оптичного зображення (БОЗ-ефекти). При цьому спостерігається підвищення зорової працездатності на 16 %, зниження браку на 29 %, а кількість нещасних випадків зменшується на 52 % – все це приводить до зростання продуктивності праці більш ніж на 20 %.

Відомо, що на біологічну систему впливає рівень освітлення та його спектр. Тому для створення циркадноєфективної освітлювальної установки промислового приміщення необхідно вірно обрати тип джерела світла за колірною температурою та створити динамічне світлове середовище згідно змін в організмі людини протягом доби. Відповідно до того, як змінюється рівень мелатоніну в організмі людини повинно змінюватися й освітлення робочого приміщення для того, щоб корегувати біологічні годинники працівників. Це допоможе людині бути бадьорішою у нічну зміну та сконцентруватися протягом світового дня.

## **РОЛЬ СВІТЛОДІЮДНОЇ ПІДСВІТКИ МОСТІВ В ЗАГАЛЬНІЙ КОНЦЕПЦІЇ ОСВІТЛЕННЯ СУЧАСНОГО МІСТА**

***Приходько Ю.О.***

*Науковий керівник – Ляшенко О.М., ст. викладач*

Мости – це красномовний свідок розвитку людської цивілізації. Крім виконання своєї важливої функції – переправи, вони є відбиттям можливостей технічного прогресу, пам'ятниками архітектури і інженерної думки, надбаннями культури, архітектурними шедеврами. Найвидатніші мости потрапляють у Книгу рекордів Гіннеса, а найнезвичайніші стають пам'ятками і улюбленими об'єктами фотосесій.

У світлодизайнерів є значний арсенал засобів для досягнення таких результатів, і найсучасніший з них – світлодіодне освітлення. За його допомогою мости становляться виразнішими, ніж вдень, завдяки яскравим світловим ефектам.

Мости сумісно з іншими архітектурними об'єктами формують індивідуальність міста і навіть країни, оскільки вони є частиною тої особливості і неповторності, що формує привабливість міста як для самих городян, так й для туристів. Особливу роль в цьому відіграє нічний вигляд цих технічних споруд, що створюється системою освітлення.

Найчастіше мости дуже гарно спостерігаються з різних точок міста і є зоровими домінантами в денний час, а в темний час доби це враження можна не тільки зберегти, а й підсилити за допомогою такого потужного інструменту, як архітектурно-художнє освітлення. Сучасні світлодіодні технології дозволяють створювати різноманітні візуальні ефекти. Нерідко біля водоймів проводяться різні міські торжества, і світлодіодна під світка мосту може внести значний внесок в створення святкової атмосфери. Наприклад, міст може бути освітлений кольорами національного прапора.

Свобода в освітленні, яку надають світлодіодні системи, обмежується тільки конструктивними особливостями споруди. При цьому світлодіодні світильники не потребують тривалий час заміни джерел світла завдяки значному терміну служби, енергоефективні і витримують вібрації і перепади температур. Це є значними перевагами, якщо врахувати проблематичність заміни світильника на мосту після його виходу з ладу.

Таким чином, світлодіодне освітлення змінило звичне сприйняття мостів, відкриваючи нові можливості міської архітектури в темряві.

## **ФОТОМЕТРІЯ СВІТЛОДІОДІВ**

***Буцківська А.С.***

*Науковий керівник – Назаренко Л.А., д-р техн. наук, професор*

Досягнення сучасної напівпровідникової електроніки створили умови широкого використання світлодіодів в системах візуалізації інформації, світлосигнальних пристроях, приладах для рекламного та інтер'єрного освітлення. Незважаючи на те, що світильники на основі світлодіодів (СД) перебувають на початковій стадії свого розвитку, можна з впевненістю вважати, що вони мають всі підстави зайняти провідну роль у світлотехнічному бізнесі. Поява нового типу джерел світла в першу чергу поставила задачу метрологічного забезпечення вимірювання їх фотометричних характеристик.

В порівнянні з тепловими та розрядними джерелами світла СД мають дуже малі розміри і потужність – не більше 10 Вт. Для них потрібно живлення постійним струмом певної полярності і напругою від 1 до 10 В. Низька напруга живлення, малі розміри, великий термін експлуатації та «холодне» свічення з широкою кольоровою гамою в першу чергу забезпечили їм масове використання в якості світлоіндикаторних елементів, які керуються сучасними електронними пристроями. Виготовлення світлодіодних модулів розширило їх область застосування і дозволило створювати на їх основі світлові прилади з унікальними властивостями. Простота керування триколірними модулями дозволяє змінювати не тільки освітленість вибраних об'єктів, але і кольорову гаму випромінювання. Економічних переваг таких світлових приладів можна досягнути навіть при меншій світловій віддачі, ніж у розрядних джерелах світла, якщо прийняти до уваги затрати на виготовлення ламп, світильників на їх основі, експлуатації та заміну джерел світла (ДС). Все це робить проблему фотометрії світлодіодів актуальною і вимагає для її вирішення пошуку нових технічних засобів та технологій.

Задача ж фотометрії полягає у визначенні тих параметрів, які визначають зорові відчуття. В загальному випадку в цю задачу входить визначення ефективності візуального впливу, який характеризує потужність вимірювання з врахуванням чутливості людського ока, а також величин, пов'язаних з кольором. Для оцінки коефіцієнта корисної дії світлодіодів (коефіцієнта перетворення електричної потужності в потужність випромінювання) користуються енергетичними одиницями, а для оцінки ефективності візуального впливу випромінювання – фотометричними величинами.

Світлодіоди перетворюють електричну енергію в електромагнітне випромінювання, спектр якого повністю або частково лежить в видимій області. Порівнюючи зорові відчуття при заданій потужності сигналу, можна встановити деякий критерій для оцінки світлодіодів. При цьому нам необхідно зіставити електричні одиниці вимірювання електричної потужності: (вати) з фотометричними одиницями (люменами). Енергетичні одиниці пов'язані з традиційними електричними вимірюваннями, а одиниці, які кількісно характеризують ступінь впливу світла на око людини, з'явилися в процесі розвитку психофізичних експериментів. Для полегшення зіставлення цих двох видів одиниць вимірювання приведемо короткі відомості із фотометрії, а також відповідні таблиці перерахування.

## **УЛЬТРАФІОЛЕТОВІ СВІТЛОДІОДИ: СТАН ТА НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ**

**Говорова К.В.**

*Науковий керівник – Нещемakov П.І., д-р техн. наук, професор*

*Актуальність проблеми* полягає в тому, що в наш час питання енерго- та ресурсозбереження набувають все більшого значення для суспільства. Світлодіодне освітлення відноситься до технологій, що є енергоефективними і порівняно із іншими джерелами світла, світлодіоди випромінюють світло в широкому діапазоні, чим забезпечують можливість широкого впливу на живий та рослинний світ. Тому використання світлодіодів замість традиційних джерел світла є актуальним.

Ультрафіолетове (УФ) випромінювання в діапазоні від 100 до 400 нм може ефективно використовуватися для стерилізації, в косметичці, при проведенні судово-медичних експертиз, зміни стану матеріалів і дезінфекції води. Сьогодні, як і в випадку зі світлодіодами випромінюючих у видимій області спектра, ультрафіолетові світлодіоди тільки починають замінювати звичні джерела УФ-випромінювання.

Ультрафіолетові світлодіоди виробляються за допомогою цільового вибору присадки поряд з напівпровідниковим матеріалом. Саме японські фізики – доктор Йошітака Таніясу (Yoshitaka Taniyasu) і його колеги з наукової лабораторії Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT) виготовили світлодіод на основі нітриду алюмінію, який випромінює в ультрафіолетовому діапазоні на довжині хвилі 210 нм. Це стало черговим проривом в технології твердотільних джерел випромінювання.

*Метою даної роботи є дослідження можливості використання ультрафіолетових світлодіодів в системах водоочищення.*

В даний час найбільш ефективним методом обробки води від всіх різних видів біологічного зараження є ультрафіолетове знезараження. Найбільшого поширення цей метод отримав на первинній ступені очищення води. Після неї іноді проводять і другу ступінь очищення за допомогою традиційного методу хлорування. Популярність методу ультрафіолетового знезараження дає факт виключення можливості попадання у воду складових реагентів або побічних продуктів від їх взаємодії з водою. Експериментально було встановлено, що під дією випромінювання на середній частині ультрафіолетового спектру відбувається загибель хвороботворних бактерій, що живуть у воді. При проведенні досліджень прийшли до висновку, що найбільш продуктивним є діапазон спектра з довжиною в 260-270 нм. Сучасний знезаражувачі в цьому діапазоні на практиці підтвердили теоретично прогнозовані здатності до очищення води від бактерицидного забруднення.

Знезаражувачі у своїй основі мають лампу, що працює в спектрі УФ. Само випромінювання з'являється за рахунок випаровування в порожнині лампи певного металу, зазвичай застосовують ртуть. Така проста установка здатна ефективно очищати і зм'якшувати воду. Але ця установка має недоліки. Вирішення цих недоліків покладено в основу цієї роботи.

У роботі пропонується використання знезаражувачів на основі світлодіодних джерел світла. Перевагами такої установки є її енергоефективність та екологічність. Світлодіоди не мають ртуті у своєму складі, їх утилізації не є затратною. Вони є більш енергоефективними за рахунок більшої світлової віддачі при однакових потужностях споживання та мають більший термін служби.

*Наукова новизна роботи* полягає у впровадженні світлодіодних джерел УФ випромінювання в сучасні знезаражувальні установки води.

*Висновок.* В основу класифікації сучасних знезаражувальних установок покладено УФ лампи, які можуть бути: високого, середнього, низького рівня внутрішнього тиску, бо зараз використовуються тільки

ртутні лампи. Промисловий знезаражувачі мають лампи середнього або низького внутрішнього тиску. Але застосування таких ламп не є енергоефективним і екологічно безпечним. Тому питання використання в сучасних знезаражувальних установках УФ світлодіодів є актуальним, а впровадження їх у промисловість є раціональним і обґрунтованим кроком.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ. ЦИРКАДНИЙ РИТМ**

***Буцківська А.С.***

*Науковий керівник – Назаренко Л.А., д-р техн. наук, професор*

Близько 80% сприйняття навколишнього простору забезпечується можливостями нашого зору. Якісне освітлення у вигляді достатньої кількості і якості світла є ключовим фактором його коректного сприйняття. Можливості розпізнавання форм об'єктів, кольорів, людей, передбачуваних небезпек мінливі в залежності від зміни рівня освітленості, часу його впливу і кольоровості.

Одночасно з візуальними ефектами, кольоровість, певну кількість і уявлення світла впливає також і на візуальні ефекти. Чи не випадковість, що в сонячний день ми відчуваємо себе краще, ніж в погану погоду. При денному світлі ми активніші, ніж чим при штучному освітленні. Наш організм реагує на зміну світла, його кольору, кількості, час дня, сезону і погодних умов. Протягом тривалого часу було проведено безліч досліджень, що стосуються впливу світла на організм. Результатом досліджень стало відкриття в людському оку третього фоторецептора, що містить світлочутливий фотопігмент – меланопсін і регулює циркадні ритми людини, крім відомих паличок і колбочок, відповідальних за наш зір у світлий і темний час доби.

Циркадні ритми – це фундаментальні цикли біологічних подій організму, таких як травлення, сон і температура тіла, що повторюються 24 години. Циркадні ритми впливають на внутрішній годинник організму, на вироблення гормону мелатоніну, вони виробляють і вирівнюють певні фізіологічні реакції, в залежності від рівня освітленості і колірної температури.

Вплив гормонів на циркадні цикли людини можна регулювати при коректній заміні природного світла штучним завдяки правильному вибору колірної температури джерела світла і невластивому його застосування в певні фази доби. Вплив на циркадні цикли людини відбувається за рахунок зміни рівня освітленості і спектральної складової синього кольору будь-якого джерела випромінювання. Наприклад,

занадто високий рівень освітленості в вечірній час доби, що впливає на людину протягом декількох годин, зрушує час вироблення мелатоніну більш ніж на одну годин. З іншого боку, також і синя спектральна складова пригнічує мелатонін і активізує кортизол. Такий спектр випромінювання при правильному застосуванні не несе ніякої шкоди для організму людини, навпаки, завдяки коректному застосуванню в певній кількості і залежно від часу дня він сприятливо впливає на працездатність людини, її пильність, час реакції, розумову і фізичну активність. У свою чергу, випромінювання в жовтому спектрі теж необхідно організму, так як під його впливом організм розслабляється і заповнює життєві сили. Таким чином, за рахунок впливу колірної температури і рівня освітленості від джерела світла, людині відкривається можливість змінювати своє самопочуття, настрій, працездатність, пильність протягом дня.

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК В ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ І СПОРУДАХ**

***Опришко К.М.***

*Науковий керівник – Литвинов О.Г., асистент*

Ця тема дуже актуальна для сучасної України. Експерти давно вже відзначають низьку ефективність енергозбереження вітчизняного виробничого комплексу. Застаріле обладнання та схеми споживають не виправдано велику кількість електроенергії.

Метою дослідження являється модернізація освітлення – як один з мало затратних видів енергозберігаючих заходів. Заміна старих ламп на енергозберігаючі джерела світла, таких як світлодіоди, призводить до економії витрат на електроенергію до 50%, а в деяких випадках і більше 50%. Модернізація освітлення приміщень і робочих місць виконується з урахуванням таких параметрів, як призначення об'єкта, співвідношення природного і штучного світла, навантаження на зір людини під час робочого процесу.

Було проведено діагностику та світлотехнічний розрахунок існуючої системи освітлення. Виявлено що система освітлення не відповідає існуючим на даний час нормам і може бути небезпечною для життєдіяльності людини.

На основі отриманих результатів запропоновано модернізацію систем освітлення. Вона представляє собою заміну старих люмінесцентних світильників на світлодіодні. Модернізація відповідно до діючих стандартів, дозволяє впровадити комфортну і безпечну для люди-



ни систему освітлення. В результаті підвищується продуктивність праці.

Завдяки модернізації систем освітлення можна досягти підвищення рівня освітлення у приміщенні, відсутності пульсації та фонового шуму, значного зниження споживання електроенергії, відсутність необхідності заміни та обслуговування ламп в зв'язку з підвищенням строку служби.

Вірний світлотехнічний розрахунок – база для підготовки та реалізації ефективного проекту освітлення. За підсумками розрахунку здійснюється підбір світильників відповідного типу і потужності, а також визначаються важливі параметри освітлення, наприклад:

- для промислового освітлення – розподіл освітлювальних приладів по несучих фермах приміщень;

- для зовнішнього освітлення – висота електричних опор та відстань між ними;

- для спортивного освітлення – місця розміщення прожекторів і точки націлювання світлового потоку;

- для архітектурного освітлення – мінімізація засліплюючого ефекту світильників та оптимізація яскравості фасаду;

- інші світлотехнічні параметри для різних типів освітлення і конкретних сценаріїв використання.

Розробка проекту освітлення, заснована на розрахункових даних, дозволяє провести модернізацію освітлювальної систем, оптимізувати загальне освітлення приміщення і окремих робочих місць.

У сфері державної політики енергозбереження модернізація існуючих освітлювальних систем є особливо актуальною. Заміна світильників з застарілими лампи на світлодіодні освітлювальні прилади значно знижує споживання електроенергії, мінімізує витрати на обслуговування системи освітлення, вивільняє додаткові потужності. При модернізації вуличного освітлення, промислових та інших енергоємних освітлювальних систем, раціонально впроваджувати автоматичні системи управління. Автоматизація знижує енергетичні витрати за рахунок включення/відключення і регулювання яскравості світильників у відповідності з заданими параметрами і дозволяє організувати ефективне освітлення в кожен момент часу.

Існують запропоновані варіанти рішень, які дозволять знизити фінансові витрати на освітлення в кілька разів. Це стосується і будівель, де використовуються застарілі лампи розжарювання, і будівель з люмінесцентними лампами – енергозберігаючими лампами минулого покоління.

Застосування світлодіодних світильників дозволяє значно знизити витрати на технічне обслуговування, вони не забруднюють навколишнє середовище, більш довговічні, компактні, відрізняються потужним і рівномірним світлом.

## **СВІТИЛЬНИКИ КОМБІНОВАНОГО ОСВІТЛЕННЯ**

*Артеменко Д.Г.*

*Науковий керівник – Литвиненко А.С., канд. техн. наук, доцент*

Світлодіодні світильники знаходять все більше застосування в різних сферах, що обумовлено добре відомими перевагами світлодіодних джерел світла перед ламповими. Була розроблена і запропонована нова конструкція світильника перевідбитого світла, що дозволяє використовувати світильник як для загального, так і для місцевого освітлення. Найбільш вдалим світильником для адміністративних приміщень, де економія енергії і якість освітлення є першорядною важливістю, є ультратонкий світильник перевідбитого світла. У корпусі світильника, виконаного зазвичай з анодованого алюмінію, розміщується плоский світловод, наприклад, з поліметилметалакрилата. З торцевих боків світловоду по периметру монтуються світлодіоди, випромінювання від яких вводиться всередину світловода. Робота системи заснована на принципі повного внутрішнього відбиття. При цьому випромінювання з світловода виводиться через неоднорідності, сформовані на одній з його поверхонь.

Розглянуті в роботі конструкції світильників припускають виведення частини випромінювання з світловода не через неоднорідності, а безпосередньо з окремої вибраної ділянки, з можливістю створення зони підвищеної освітленості, наприклад, на робочому столі. При цьому інша частина випромінювання використовується для загального освітлення приміщення. Така конструкція розширює можливості освітлення і сприяє економії енергії.

## **ПРОБЛЕМИ СВІТЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ**

*Олійник А.В.*

*Науковий курівник – Литвиненко А.С., канд. техн. наук, доцент*

Вуличні ліхтарі, світлофори, освітлення в житлових будинках... Наші ночі стають все світліше, і це має значні наслідки. В світі людей проблема світлового забруднення є актуальною.

Сьогодні це питання розглядається за такими напрямками:

- Вплив на здоров'я людини.

- Вплив на живу природу і екосистеми.
- Економічний вплив наслідків світлового забруднення.

Екосистеми порушуються, розвалюється хронобіологічні ритми людини і тварин.

Освітлення впливає на життєві функції комах, птахів, тварин і призводить до їх масової загибелі. За один рік рекламний щит може вбити більше 300 тисяч комах, а кожен вуличний ліхтар в теплу літню ніч вбиває близько 150 комах. Новонароджені морські черепахи після виходу з яєць повзуть не в воду, а до вогнів міста і гинуть. Дослідження німецьких вчених показали, що птахи, які живуть поруч з джерелами вуличного освітлення, ослаблені через щоденне занадто раннє пробудження і тому більш уразливі до нападу хижаків. Перелітні птахи плутають штучні джерела світла з природними, збиваються з курсу і теж гинуть.

Через світлове навантаження великих міст багато людей страждають через порушення добових ритмів, що впливає на стан нервової системи, що, в свою чергу, підвищує ризик небезпечних захворювань, скорочує вироблення мелатоніну, який перешкоджає утворенню ракових клітин в організмі. Відблиски від яскравих, неекраниваних ламп пагубно впливають на стан здорової системи людини. В організмах відбуваються гормональні зміни на користь різних захворювань.

Світлове штучне навантаження заважає роботі астрономічних служб.

Останнім часом цьому екологічному питанню приділяється велика увага. Італійські вчені відзначили місця на нашій планеті, де світлове навантаження максимальне. У список найбільш "забруднених" країн потрапили Кувейт (98%), Катар (97%), Об'єднані Арабські Емірати (93%), Саудівська Аравія (83%), Південна Корея (66%), Ізраїль (61%), Аргентина (58%), Лівія (53%), а також Тринідад і Тобаго (50%). Щодо нашої держави, то тільки 35% населення України проживає в зонах з незначним рівнем світлового забруднення, у обласних центрах світлове навантаження перевищує норму. В 2014 році кращим місцем для астрономічних спостережень, на думку Міжнародної асоціації темного неба (International Dark-Sky Association, IDA, заснована в США в 1988 році), став півострів Айверо на південному заході Ірландії.

Висновок такий, згідно зі звітом Американської медичної асоціації 2012: «Відблиски від нічного освітлення можуть створити небезпеку, починаючи від дискомфорту до відвертої візуальної інвалідності».

Зовнішнє освітлення призначене для створення безпечної видимості в нічну годину і за для створення позитивного настрою мешкан-

ців міста. Але занадто багато освітлення може фактично мати протилежний ефект.

В роботі розглядаються наслідки світлового забруднення і напрямки вирішення цієї проблеми.

## **МОНТАЖ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК В ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ І СПОРУДАХ**

**Єнокан О.Р.**

*Науковий керівник – Литвинов О.Г., асистент*

Спостерігаючи за роботою сучасних освітлювальних систем, було проведено аналіз застосування новітніх технологічних рішень в системах освітлення та впровадження енергозберігаючих джерел світла, які дозволять економити електричну енергію без шкоди інтересів споживачів і дадуть можливість удосконалити якість освітлення.

Вивчивши уважно сучасне і ефективне рішення проблем у сфері освітлення, було звернуто увагу на те, що в даний момент не проводяться будівельні роботи, які тимчасово призупинені та одночасно не постають проблемою для того щоб здійснювати модернізацію або монтаж. Споруди мають проводки із великою ступінню зносу та світлових приладів; зоровий дискомфорт, шум і тривалий термін експлуатації, що являє собою дуже велику небезпеку, тому чому б не скористатися будівлями та спорудами (які потребують модифікацію освітлювальних систем), щоб забезпечити працездатність і покращення якості освітлення.

В Україні багато громадських будівель і споруд, які потребують заміну освітлювальних пристроїв, проводки(зношені кабелі та тривалу експлуатацію ОУ).

Вимоги до виробництва монтажу електроустановок, його норми і правила встановлюються «ПУЕ» і «СНиП».

Монтаж освітлювальних електроустановок виробляють за проектом, в якому наводяться світлотехнічний розрахунок, який дозволяє вирішити безліч важливих завдань:

- Спроекувати систему освітлення, відповідну встановленим нормативам;
- Підібрати ефективні світильники / джерела світла і супутнє обладнання;
- Коректно розподілити освітлювальні прилади по території об'єкта;
- Мінімізувати витрати на впровадження і експлуатацію освітлювальної системи.

Розрахунок за втратою напруги ведеться на підставі найменших витрат провідникових матеріалів (проводів, кабелів, шин тощо). Напруга у найбільш віддалених ламп повинна бути не менше 95% номінальної - для мережі аварійного, зовнішнього освітлення й 97,5% номінальної - для мережі робочого освітлення всередині приміщень промислових підприємств і прожекторних установок зовнішнього освітлення. Напруга при нормальному режимі повинна бути не більше 102,5% номінальної.

Живлення освітлювальних систем, до яких одночасно приєднані й силові споживачі (електродвигуни, електрозварювальні апарати та ін.), здійснюється від окремих блоків живлення або ПРА.

Рациональне освітлення робочого місця є одним з найважливіших факторів, що впливають на ефективність трудової діяльності людини, що попереджають травматизм і професійні захворювання.

Основна вимога, що пред'являється до освітлення являє собою забезпечення нормованих значень освітленості, які визначаються умовами зорової роботи, в тому числі:

1) розмірами предметів розрізнення, їх контрастом з фоном і коефіцієнтом відбиття фону;

2) наявністю доступних небезпечних для дотикання предметів (відкритих струмопровідних частин, неогорджених обертових частин машин і т. д.);

3) наявністю в полі зору світних поверхонь великої яскравості (електро- або газозварювання, розплав металу), що випромінюють світло розжарені оброблювані деталі, виробничі вогні.

Бажано зауважити на тому, що у відомих конструкціях корпус є частиною зовнішнього вигляду освітлювального пристрою, тому для кожної моделі освітлювального пристрою потрібен особливий корпус. Це є серйозною проблемою. Виготовлення корпусів, які представляють собою суттєвий елемент конструкції освітлювального пристрою, є дорогим, тому необхідність виробляти особливий корпус для кожної моделі освітлювального пристрою повторно використаний після того, як період нормальної експлуатації освітлювального пристрою закінчиться.

Гарне освітлення в громадських і житлових будівлях створює сприятливі умови для роботи і відпочинку, почуття комфортності, багаторого, гарного настрою.

## РОЗРОБКА АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ ПАРКІВ І СКВЕРІВ

*Павлюк Н.А.*

*Науковий керівник – Литвиненко А.С., канд. техн. наук, доцент*

Принципи штучного освітлення територій зелених насаджень, призначених для відпочинку жителів міста, суттєво відрізняються від системи освітлення інших територій.

У парках і скверах перевага віддається освітленню з високими художніми достоїнствами, і йому відводиться головна роль в організації ошатного вечірнього ландшафту, створення для людини умов приємного перебування на озелених територіях.

Кожному парку або скверу підбирається своє особливе освітлення, яке залежить від багатьох чинників. По-перше, це загальна площа і прохідність об'єкта. У загальнономіських паркових зонах освітлення повинно бути збудовано особливо ретельно, так як це не тільки культурно-масовий об'єкт, але ще і візитна картка міста, по якій можна судити про ступінь комфорту, впорядкованості та безпеки для городян. По-друге, необхідно враховувати щільність лісового масиву, кількість і розташування вулиць і ще тисячу дрібниць, включаючи розташування лавок (поруч з кожною лавкою повинен бути ліхтар).

Найкраще для освітлення парків та скверів підходять світильники вмонтовуються на ліхтарні стовпи. Висота ліхтарного стовпа варіюється від п'яти до дев'яти метрів. Якщо в парковій зоні безліч звисятих доріжок, то краще висвітлити їх не дуже високими, але частіше розташованими ліхтарями середньої і малої потужності (70-150Вт). Якщо ж парк великий з широкими прогулянковими зонами - для якісного освітлення необхідні високі ліхтарні стовпи з потужними лампами (250Вт), що дають максимальну площу освітлення. Але необхідно враховувати одні нюанси: чим вище ліхтарний стовп, тим він дорожчий. Теж саме і зі світильниками для них. Чим вище потужність - тим вище ціна. В цілому установка високих опор освітлення з потужними світильниками обходиться дорожче, невеликих ліхтарів з лампами середньої потужності.

Найбільш прийнятний, автономний світлодіодний ліхтар на сонячній батареї призначений для освітлення парків, скверів, бульварів, пішохідних доріжок, а також створення системи освітлення на заміських ділянках.

Сонячна батарея, встановлена у верхній частині паркового ліхтаря, здійснює заряд акумулятора протягом світлового дня. Вечірньої пори ліхтар включається автоматично, використовуючи енергію, нако-

пичену в акумуляторі. З настанням світанку світильник автоматично вимикається. При повному заряді акумуляторів, світильник може працювати в режимі висвітлення 10-12 годин.

Відмінною особливістю автономних паркових ліхтарів на сонячних батареях є зручність їх застосування, так як для їх роботи не потрібно прокладки кабелів електроживлення, завдяки чому знижуються витрати на їх установку і експлуатацію.

## **ОРГАНІЧНІ СВІТЛОДІОДИ. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

***Бордюг О.О.***

*Науковий керівник – Литвиненко А.С., канд. техн. наук, доцент*

В роботі розглядаються особливості пристрою органічних світлодіодів і перспективи розвитку технології OLED.

Для світлової сигналізації світлодіоди використовуються досить давно. В даний час активно розвивається виробництво світлодіодних ламп, що застосовуються для освітлення. Переваги у них очевидні: високий ККД, тривалий термін служби, низьке енергоспоживання. Зараз починає набирати обертів новий напрямок - виробництво органічних світлодіодів.

Органічні світлодіоди представляють собою набір плівок органічного походження, які при пропусненні електричного струму починають світитися. При цьому світло розподіляється рівномірно по всій площі матеріалу.

Складаються органічні світлодіоди з анодів, катодів, що випромінює (або емісійного) і провідного шарів.

Принцип роботи полягає в подачі на анод позитивної напруги, внаслідок чого електрони починають рухатися від катода до анода, тобто катод віддає електрони в випромінюючий шар. У свою чергу, з провідного шару, електрони переходять до анода, або можна сказати, що анод передає провідному шару носіїв позитивного заряду, так звані дірки.

Дірки та електрони починають рух назустріч один одному і, внаслідок їх контакту, відбувається зниження енергії електронів, яке супроводжується випромінюванням. Дірки є більш рухливими, ніж електрони, тому випромінювання і відбувається в емісійному шарі. Така технологія отримала абревіатуру OLED. В даний час, найбільш активно розвивається застосування органічних світлодіодів у виробництві дисплеїв, які в перспективі повинні будуть замінити рідкокристалічні. Такі дисплеї володіють гнучкістю, завдяки чому їм можна нада-

ти практично будь-яку форму. Очікується також, що в майбутньому ціна таких дисплеїв стане в рази менше рідкокристалічних.

Не менш перспективним напрямком розвитку OLED, є використання органічних світлодіодів для освітлення. Це може стати революцією в області освітлювальних технологій.

Тонкий, плоский, гнучкий матеріал, якому можна надати будь-яку форму - це ж справжня мрія дизайнера. Тільки уявіть собі, можна буде використовувати в якості світильника вікно, дверцята шафи, вазу, взагалі будь-яку фігуру, виготовлену з органічних світлодіодів.

Однак, до масового застосування, таких світильників поки далеко. Поряд з не мають аналогів властивостями, є, на жаль, у органічних світлодіодів і ряд істотних недоліків. В першу чергу, це непромірно висока вартість виготовлення, що поки і заважає випускати таку продукцію в промислових масштабах. Іншою серйозною проблемою, є недовговічність матеріалу, з якого робляться органічні світлодіоди.

Недоліки та проблеми з розвитком технологій OLED очевидні і незаперечні. Але очевидно і те, що переваги, які можна отримати від застосування органічних світлодіодів, змушують найбільші компанії та наукові центри активно займатися розробкою і розвитком цих технологій.

## **ОРИГІНАЛЬНІ МОДУЛЬНІ СВІТИЛЬНИКИ В ІНТЕР'ЄРІ**

***Чернікова А.В.***

*Науковий керівник – Литвиненко А.С., канд. техн. наук, доцент*

Експерименти зі світильниками давно стали улюбленою темою дизайнерів предметів інтер'єру. За допомогою незвичайної лампи можна додати інтер'єру зовсім іншу стилістику, розширити простір, розставити акценти, при цьому не забуваючи про пряме призначення - освітлення приміщення. Модульні світильники дозволяють користувачеві самостійно зібрати конструкцію різної конфігурації, направити світло в певні точки, і при необхідності, змінювати сценарій освітлення інтер'єру – від приглушеного затишного до яскравого і урочистого.

Фантазія німецького дизайнера Даніеля Бекера (Daniel Becker) подарувала світові нестандартну систему освітлення, яка дістала назву Sparks, що в перекладі означає «іскри». Світильники Sparks представляють собою багатогранну модульну систему освітлення, що складається з трьох основних блоків. Вся конструкція може бути встановлена в різних конфігураціях, формуючи тривимірну структуру, схожу на гілки дерева або модель молекули.



Кожен модуль можна вільно повертати на 360 градусів, що дає унікальну можливість адаптувати всю конструкцію до всіляких архітектурних форм простору. Цікавий модульний світильник може стати стельовою люстрою, настінним бра або навіть підлоговим торшером, а дизайн конструкції ви зможете сконструювати відповідно до свого смаку і бажанням. Таке автономне освітлення дозволяє змінювати простір, робити приміщення більш просторим, створювати ілюзію високих стель і багато іншого. Зібраний модульний світильник буде нагадувати молоде деревце, що росте біля письмового столу, або виноградну лозу, увівшу стелю коридору. У будь-якій кімнаті він буде чудово виглядати і зможе прикрасити навіть дуже скромний інтер'єр. Джерелами світла служать енергозберігаючі світлодіодні лампочки.

Колекція модульних світильників у вигляді модерністських капсул була розроблена арт-студією Hangar Design Group у співпраці зі скляної фабрикою. Плафони зроблені з матового білого видувного скла з чорним металевим обідком. Такі модульні світильники прекрасно впишуться в строгий інтер'єр в чорно-білих тонах, а також зроблять більш контрастним і гострим любо інтер'єр з великою кількістю пастельних і ніжних тонів. Головна особливість цієї системи освітлення - в можливості комбінувати окремі модулі за допомогою спеціальних конекторів. Можна повісити поодинокі лампи, подвійні, або ж зібрати люстру з декількох плафонів.

Модульні світильники є конструктор, завдяки чому можна збирати будь-які конструкції - від невеликого бра з двох-трьох модулів до об'ємної підвісної лампи з 10-20 модулів, яка також може виконувати роль світиться ширми, зонуючи простір. Кожен модуль має «гілки», які можуть з'єднуватися з іншими модулями, утворюючи таким способом структуру, схожу на сніжинку. Дизайн розробив аргентинський майстер Франциско Гомес Пас (Francisco Gomez Paz) і дав таке визначення - «на півдорозі між предметом інтер'єру і архітектурою». І він має рацію. Остаточна конфігурація модульних світильників залежить тільки від користувача. Ще одна цікава і дуже зручна особливість цієї системи освітлення - дистанційне керування. За допомогою пульта можна не тільки включати і вимикати лампу, а й регулювати потужність світла і колірне рішення. Кожен модуль оснащений світлодіодними лампочками адитивної колірної моделі RGB (червоний, зелений, синій), що обумовлено особливостями сприйняття кольорів сітківкою ока. В роботі розглядаються основні напрямки і перспективи розвитку модульних світильників.

## ОСВІТЛЕННЯ ОКЕАНАРІУМУ

*Кравченко В.Ю.*

*Науковий курівник – Діденко О.М., канд. техн. наук, асистент*

Сучасна Світлотехніка – це невід'ємна частина нашого життя. Головним завданням сучасної світлотехніки є створення комфортного світлового середовища для праці і відпочинку людини, а також ефективне застосування оптичного випромінювання в технологічних процесах при раціональному використанні електричної енергії.

Об'єктом для освітлення було вибрано океанаріум, а саме зала з морськими рибами та коралами. На відміну від простого прісноводного акваріума, морський вимагає, перш за все, високого технічного оснащення, щоб підтримувати склад морської води, що складається з 30 хімічних елементів. У морському акваріумі треба підтримувати постійну циркуляцію води, в годину має змінюватися 5-8 обсягів води всього акваріума. Фільтрація води в морському акваріумі складається з декількох етапів. Головний етап проходить в біологічному фільтрі в ньому беруть участь бактерії, вони розкладають високотоксичні бактерії до малотоксичних форм. В акваріумі треба постійно підтримувати температурний і світловий режим. Температура для морських акваріумів повинна бути в межах 24-27°C. Різкі перепади температури викликають у риби стрес і можуть послужити розвитку хвороб.

Освітлення - одна з найважливіших основ життя підводних мешканців. Так як світло в акваріумі потрібно не тільки його мешканцям, а й рослинам в акваріумі, останнім він необхідний набагато більше. Освітлення в акваріумі характеризується трьома параметрами: сила світла, тривалість світла, спектральний склад. Кожен з цих показників досить важливий. Зробити світло в акваріумі природним означає зробити його максимально наближеним до характеристик природного світла. Щоб забезпечити нормальну життєдіяльність рослин, потрібен весь видимий світловий спектр. Червоне випромінювання в комбінації з помаранчевим являє собою головний вид енергії для фотосинтезу акваріумних рослин. Це світло підсилює утворення вуглеводів при фотосинтезі, так як надзвичайно добре поглинається хлорофілом. Випромінювання фіолетового і синього світла діює необхідні для припинення росту стебел, листових черешків, пластинок рослин. Такі промені стимулюють утворення білків і органічний синтез у акваріумних рослин. Зелений світлодіод може знадобитися в тому випадку, якщо необхідно надати акваріумним рослинам яскраво виражене зелене забарвлення. Жовтий світлодіод створює світіння максимально наближене до природного освітлення. Жовте випромінювання на від-

міну від теплого білого, не відбивається від поверхні води і його світло проникає в глиб акваріума, дозволяючи вам створити ефективне освітлення максимально наближене до натурального світла. Варто зазначити, що окрім видимої частини спектра, для рослин в акваріумі величезне значення має невидиме випромінювання, таке як ультрафіолетове, воно в свою чергу, розподіляється на короткі, середні і довгі промені. Середні ультрафіолетове випромінювання (довжиною 300-340 нм) діють на зразок знижених температур, сприяючи процесу загартовування кореневої системи рослин, тим самим значно підвищуючи їх холодостійкість. Довге ультрафіолетове випромінювання (довжиною 395-400нм) потрібно для гарного обміну речовин і правильного росту рослин.

Найчастіше використовуються лампи денного світла типу T5, а також метало галогенові лампи – вони досить потужні, тому для акваріума досить 1-2 ламп. Перевага металогалогенних ламп – це точковий характер джерела, що дозволяє дуже добре освітлювати акваріуми з висотою більше 50 см і вирощувати практично будь-які акваріумні рослини на глибині 60-70 см і більше. Вони створюють природне освітлення для акваріумних рослин і рибок, сприяє зростанню і забарвленню рослин і рибок в натуральні кольори. Лампи T5 досить компактні і мають високу потужність, а їх кількістю можна легко варіювати ступінь освітленості акваріума. «Місячна» підсвічування в цьому випадку може створюватися за допомогою спеціальних синіх світлодіодів. Ще одним плюсом цього типу ламп є можливість їх поетапного включення і виключення, яке імітує схід і захід сонця в природі. Оптимальна тривалість «світлового дня» в морському акваріумі – 10-12 годин.

Ніч - час природній активності безлічі тварин. Як правило, нічні види риб починають полювати при настанні темряви. Для кращого спостереження за їх життям потрібно нічне освітлення акваріума. Для вирішення цього завдання потрібно використовувати лампи синього світла слабкої потужності. Вони стануть висвітлювати підводний внутрішній світ, прекрасно імітуючи природне світло місяця. Подібний спектр дозволить створювати оптимальні умови полювання. На додаток, синя лампа для акваріума дасть можливість стимулювати деяких риб до збільшення своєї популяції, що зазнають труднощі з розмноженням в неволі.

## **РОЗРОБКА НАКОПИЧУВАЧА ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИЙ НАДПРОВІДНОСТІ І ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ В ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ**

**Рюмишина В.Л., Фоменко Д.В.**

*Наукові керівники – Маляренко В.А., д-р техн. наук, професор,  
Воропай В.Г., ст. викладач*

Нині усе більш широке застосування знаходять системи енергопостачання з використанням сонячної енергії, енергії вітру, біогазу і інших поновлюваних джерел енергії (ПДЕ). Використання таких джерел енергії відповідає соціальним і екологічним вимогам, сприяє зниженню її собівартості. Як правило, поновлені джерела електричної енергії працюють у складі автономних мереж, що дістали назву локальних електричних мереж (ЛЕМ).

Сучасна локальна електрична мережа містить, як правило, наступні основні елементи:

- альтернативне джерело електричної енергії;
- накопичувач електричної енергії;
- блок перетворення і управління режимами роботи джерела електроенергії і накопичувача енергії :
- систему інтелектуального управління.

Важливим елементом ЛЕМ є накопичувач енергії. Накопичувач енергії виконує наступні функції в локальній мережі:

- підвищує економічну ефективність мережі;
- вирівнює електричне навантаження при її значних коливаннях;
- служить резервним джерелом електроживлення;
- служить засобом комерціалізації енергетики.

Накопичувачі енергії можуть бути використані не лише в локальних електричних мережах з альтернативними джерелами енергії (вітроустановки, сонячні панелі і так далі), але також - в електротранспорті для підвищення енергоефективності силових пристроїв (електропоїздів, тролейбусів, гібридних силових установок в автотранспорті).

Принцип роботи накопичувального пристрою на ВТСП ґрунтований на ефекті виштовхування магнітного поля з об'єму надпровідника, що еквівалентно діаманітному «дзеркальному» екрану. Це дозволяє створити безконтактний підвіс крутня, що центрується, - кінетичного накопичувача енергії. На відміну від керованого магнітного підвісу, цей тип не містить активних систем регулювання без контактного підвісу, зокрема, стежачих систем і регуляторів величини напруженості магнітного поля. Він також характеризується великою підйомною

силою, саморегулюванням в осьовому напрямі і напрямі, перпендикулярному осі підвісу. Крім того, надпровідний безконтактний підвіс має хороші демпфуючі властивості.

Накопичувач енергії складається з оберненої синхронної електричної машини 1 і кріостата 6, заповненого рідким азотом. Статор синхронної машини 2 містить магнітопровід з трьох-фазною обмоткою 3, ротор-крутень 4 з постійними магнітами збудження 5 і опорними постійними магнітами 7. На зв'язаній поверхні кріостата розташовані надпровідні пластини 8, охолоджувані рідким азотом, що заливається через штуцер 11. У початковому положенні ротор-крутень центрується за допомогою опорного підшипника 9. Внутрішня порожнина синхронного двигуна вакуумувалася за допомогою ніпеля 12. Герметичний роз'єм 13 сполучає трьохфазну обмотку статора синхронної машини з блоком управління режимами її роботи. Для нівеляції накопичувача енергії по горизонту служать регульовані опори 10.

Накопичувач енергії працює наступним чином. При охолодженні надпровідних пластин до температури рідкого азота, виникає ефект Мейснера, в результаті якого здійснюється безконтактний підвіс ротора-крутня. При підключенні накопичувача енергії до джерела трифазного живлення, починається розгін ротора-крутня до номінальної частоти обертання, після чого накопичувач енергії відключається від джерела живлення, а ротор-крутень обертається за інерцією, зберігаючи накопичену енергію. Безконтактний підвіс і вакуум забезпечують тривале збереження енергії. При перемиканні обмоток статора на навантаження, накопичувач енергії працює в режимі генерації електричної енергії, забезпечуючи її живлення.

Управляючи режимами накопичення енергії і енергетичними потоками від різних джерел енергії, можна істотно підвищити енергоефективність системи і енергозбереження електричної енергії мереж різного призначення.

Оскільки накопичувач енергії, виконує важливі функції в локальні електричні мережі, то його використання у будь-якій ЛЕС дає можливість вирівняти графіки навантажень у різні періоди добового і сезонного попиту на електричну енергію.

Застосування накопичувачів енергії дозволить комерціалізувати виробництво електроенергії, що підвищить ефективність роботи енергетичних компаній і якість електропостачання споживачів за рахунок компенсації недостатньою пропускну здібністю елементів системи, управління реактивною потужністю, регулювання напруги, зниження вартості електроенергії і тому подібне.

Далі встає завдання розробки математичні моделі і моделювання енергетичних потоків в локальній мережі, оскільки ці питання мають дуже важливе значення. Їх рішення дозволить, реалізувати інтелектуальне управління роботою елементів ЛЕС з метою оптимізації за заданими параметрами. У такому режимі можна досягти високих техніко-економічних показників роботи ЛЕС порівняно з мережею з централізованими джерелами і здолати вуглеводневу залежність енергетики. Створення високоефективних накопичувачів енергії з високими питомими параметрами різної потужності і габаритів дозволить впровадити мережеві технології в традиційну і малу енергетику.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ МАРОК КАБЕЛІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ В УМОВАХ КРУПНОГО МІСТА**

*Зайцева І.В.*

*Науковий керівник – Гаряжа В.М., доцент*

У структурі електричних мереж України основне місце належить повітряним лініям електропередачі (ПЛ) різних класів напруги. Це пов'язане з їхньою відносною дешевиною, зручністю обслуговування, можливістю швидкого визначення місць ушкоджень і наступного ремонту.

При багатьох достоїнствах, ПЛ мають істотні недоліки, а саме:

- необхідне відчуження значних земельних ділянок;
- значний вплив природних факторів;
- необхідність регулярної розчистки трас від зелених насаджень;
- погіршення архітектурних показників населених пунктів.

Зменшити вплив зазначених факторів дозволяє застосування кабельних ліній електропередачі (КЛ), що є особливо актуальним для великих міст.

Кабельні мережі у Харкові експлуатуються близько 100 років. За цей час корінних змін у технології монтажу й обслуговування КЛ, а також застосовуваних ізоляційних матеріалів не відбувалося. В 70-і роки минулого сторіччя у виробництві кабельної продукції виник новий напрямок пов'язаний із застосуванням пластмасової ізоляції. Поширення одержали кабелі з полівінілхлоридною ізоляцією на напругу до 1000 В марок АВВГ і АВБбШВ. Приблизно в цей же час почали використовуватися кабелі з поліетиленовою ізоляцією, але, через недосконалість технології, великого розповсюдження вони не одержали. На початку 80-х років, коли була розроблена технологія виробництва хімічно зшитого поліетилену (ЗП) знову з'явилися кабелі з поліетиле-

новою ізоляцією. ЗП дозволив збільшити температуру тривало припустимого нагрівання жили кабелю до  $90^0$  С, а номінальну напругу до 110 кВ включно. Переваги кабелів з ізоляцією зі ЗП полягають також у:

- можливості виготовлення жил великих перерізів(до 1000 мм<sup>2</sup>);
- спрощенні технології монтажу з'єднувальних і кінцевих муфт;
- можливості прокладки на нерівних і вертикальних ділянках тра-

си;

- зменшенні маси кабелю;
- відсутності необхідності захисту оболонки від впливу корозії;
- відсутності необхідності утримання масляного господарства.

Остання обставина є безперечним аргументом на користь застосування даних кабелів у мережах 35- 110 кВ.

У розподільних мережах 6- 10 кВ не все так однозначно. При всіх перевагах таких кабелів мають місце деякі недоліки і просто питання, що потребують подальшого вивчення. Кабелі зі ЗП поки значно дорожчі традиційних, крім того, в Україні відсутня єдина нормативна бази, визначення вимог до їх експлуатації. Не вирішене питання норм і методів випробувань. Немає чіткості й у питанні стійкості даних кабелів до тривалих перенапруг, які виникають при однофазних замиканнях на землю, а, отже, не виключена необхідність установки захистів, що відключають ушкоджену лінію при однофазному замиканні на землю, не вирішене чітко питання заземлення екранів.

Проте, кабелі з ізоляцією зі ЗП знаходять все більше застосування. Зокрема в Харкові цьому сприяє та обставина, що приблизно 15 % від існуючої кількості КЛ 6- 10 кВ виконані кабелями марок ААШВ і ААл, на які припадає приблизно 35 % загального числа ліній, що ушкоджуються. Такі кабелі широко застосовувалися в 70- 80 роки при будівництві нових житлових масивів. Їхня експлуатація показала, що механічна стійкість захисних покривів дуже низька й навіть незначне пошкодження приводить до потрапляння вологи на оболонку й подальшого швидкого ушкодження.

У Харківських міських електричних мережах (ХМЕМ) в останні роки відбувається планова заміна кабельних перемичок у підстанціях на кабель марки ХРУНАКXS зі ЗП. За час експлуатації замінених перемичок випадки їхнього ушкодження не зафіксовані. Це в якійсь мірі говорить про перспективність застосування ЗП.

Важливу роль у підвищенні надійності КЛ має застосування нових технологій експлуатації й ремонту, в першу чергу це застосування термоусадочних муфт, кабельних наконечників для обпресування, з'єднувальних гільз і наконечників із зривними болтами. При цьому

значно підвищується якість монтажу за рахунок відсутності операцій, які залежать від людського фактора, якості комплектуючих і значно скоротити час монтажу.

Перспективним є також застосування з'єднувальних термоусадочних муфт СТп, але в ХМЕМ замінити традиційні свинцеві вони поки що не можуть, в зв'язку з необхідністю обробки кабелю на значну довжину, що в умовах міста насиченого комунікаціями не завжди можливо. Проте, при будівництві нових і реконструкції існуючих КЛ, а також при ремонтах у місцях з агресивним середовищем, зближенні з рейковим транспортом, і в місцях, де можливі зсуви ґрунту слід завжди використовувати муфти СТп.

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ 6-10 КВ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ЗАХИСНИХ І КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ**

*Губка С.С.*

*Науковий керівник – Гаряжа В.М., доцент*

Головним завданням електроенергетики є забезпечення надійності електропостачання. Важлива роль у цьому належить розподільним мережам, особливо середньої напруги 6-10 кВ. Ця ланка мереж є слабшою в порівнянні з іншими внаслідок того, що менш автоматизована, обладнана застарілим морально і фізично обладнанням, стан якого недостатньо контролюється. В той же час триваючий процес збільшення електричних навантажень, зростання потужностей обладнання підприємств, розширення і поглиблення електрифікації технологічних процесів пред'являють підвищені вимоги до надійності електропостачання, оскільки істотно зростають збитки від перерв або обмеження електропостачання.

Підвищення надійності з максимальним економічним ефектом може бути забезпечене оптимальним поєднанням різних заходів і засобів, їх взаємозв'язками і взаємодією. При цьому слід враховувати, що для досягнення цієї мети можуть застосовуватися як технічні, так і організаційні заходи.

Технічними заходами, є :

- підвищення надійності окремих елементів електричних мереж;
- оснащення мереж засобами підвищення надійності - комутаційними і захисними апаратами, пристроями визначення місця пошкодження;
- резервування, як мережеве, так і місцеве, енергетичне і технологічне;



- наближення напруг 35-110 кВ до споживачів, розукрупнення ПС 35-110 кВ, зі скороченням протяжності мереж 6 ... 10 кВ;
- розукрупнення ТП напругою 6 ... 10/0,4 кВ та роздільне живлення від них виробничих і комунально-побутових споживачів.

Серед вказаних заходів, найбільш доступними на сьогодні в Україні, є оснащення ліній засобами підвищення надійності і резервування, що може бути здійснене за рахунок визначення оптимального виду, кількості та місць розміщення в них комутаційних і захисних апаратів.

Розміщення комутаційних і захисних апаратів в розподільчих мережах середньої напруги називається секціонуванням, і виконується секціонуючими пристроями. Секціонування зменшує протяжність мережі, яка відключається при аваріях, знижує кількість і тривалість відключень. Секціонування ліній може бути, як автоматичним, так і неавтоматичним.

При автоматичному секціонуванні лінії розбиваються на ділянки, на початку яких встановлюються вимикачі з автоматичним повторним вмиканням (АПВ), автоматичні віддільники або запобіжники-роз'єднувачі, які відключають пошкоджені ділянки, не порушуючи нормальної роботи іншої частини лінії.

Неавтоматичне секціонування в першу чергу знижує тривалість відключень, і виконується за допомогою лінійних роз'єднувачів. Наявність в мережах секційних роз'єднувачів полегшує знаходження замикань на землю, зменшує число споживачів, які відключаються при ремонтних роботах.

Вибір і застосування тих чи інших засобів і заходів підвищення надійності розподільчих мереж в конкретних випадках залежить від постановки задачі з врахуванням фактору надійності, і вимагає вирішення питань оптимального управління розвитком, реконструкцією і експлуатацією мереж.

Нові види сучасного комутаційно-захисного обладнання, які з'явилися останнім часом, такі, як реклоузери і секціоналайзери дозволяють значно підвищити надійність розподільчих мереж. Але при цьому на сьогодні необхідна розробка чіткого обґрунтування їх застосування.

## ГРАФІКИ І ПРОТИАВАРІЙНІ СИСТЕМИ ЗНИЖЕННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

*Горайнова К.А.*

*Науковий керівник – Щербак І.Є., асистент*

З метою запобігання порушенням режиму роботи Об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України або її окремих частин внаслідок дефіциту потужності та електроенергії, зниження частоти, порушення режиму допустимих перетоків і перевантаження мережних елементів, порушення допустимих режимів роботи гідроелектростанцій України, зниження напруги в контрольних точках енергосистеми до аварійного рівня застосовуються наступні графіки і протиаварійні системи зниження електроспоживання:

- графіки обмеження споживання електричної енергії (ГОЕ);
- графіки обмеження споживання електричної потужності (ГОП);
- графіки аварійного відключення споживачів електричної енергії
- спеціальні графіки аварійних відключень (СГАВ);
- автоматичне частотне розвантаження (АЧР);
- спеціальна автоматика відключення навантаження (САВН).

ГОЕ застосовуються у разі виникнення дефіциту палива (зниження експлуатаційних запасів палива на електростанціях до величини менше необхідної для десяти діб роботи) або гідроресурсів.

ГОП застосовуються у разі виникнення загрози порушення балансу між виробництвом і споживанням електричної потужності та її дефіциту в ОЕС України або в її окремих частинах.

ГАВ застосовуються у разі:

- несподіваного виникнення аварійного дефіциту потужності та зниження частоти електричного струму нижче рівня 49,6 Гц у режимі відокремленої роботи ОЕС України з енергооб'єднанням країн СНД та Балтії;

- порушення узгодженого графіка перетоків електроенергії з енергооб'єднанням країн СНД та Балтії у режимі паралельної роботи ОЕС України (або її окремої частини) та енергооб'єднання країн СНД і Балтії;

- порушення режимів граничних перетоків або недопустимого перевантаження устаткування, зниження рівня напруги в контрольних точках;

- необхідності запобігання порушенням гранично допустимих режимів роботи гідроелектростанцій та водосховищ України;

- порушення узгодженого графіка перетоків до країн – учасників The Union for Coordination of Transmission Electricity (UCTE), в режимі

паралельної роботи «острова Бурштинської ТЕС» та УСТЕ у разі виникнення аварійного дефіциту потужності (застосовуються для споживачів, підключених до електромереж «острова Бурштинської ТЕС»);

- якщо не вистачає часу для введення ГОП або введені обмеження є недостатньо ефективними.

СГАВ застосовуються за умов недостатньої ефективності введених ГАВ уразі:

- необхідності запобігання системним аваріям, пов'язаним із загрозою відокремлення ОЕС України від енергооб'єднання країн СНД та Балтії;

- порушення узгодженого графіка перетоків з енергооб'єднанням країн СНД та Балтії у режимі паралельної роботи ОЕС України (або її окремої частини) та енергооб'єднання країн СНД і Балтії;

- подальшого зниження частоти електричного струму нижче рівня 49,4 Гц у режимі відокремленої роботи ОЕС України з енергооб'єднанням країн СНД та Балтії;

- загрози розділення ОЕС України по одному із внутрішніх перерізів електромережі;

- порушення узгодженого графіка перетоків з УСТЕ в межах «острова Бурштинської ТЕС» (застосовуються для споживачів, підключених до електромереж «острова Бурштинської ТЕС»).

АЧР розробляється, застосовується та переглядається згідно з Правилами застосування системної протиаварійної автоматики запобігання та ліквідації небезпечного зниження або підвищення частоти в енергосистемах у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 31 липня 2012 року № 553, для запобігання небезпечному зниженню частоти у разі виникнення дефіциту активної потужності в ОЕС України або в окремій частині шляхом вимкнення частини навантаження споживачів.

САВН розробляється та застосовується згідно з Правилами підключення електроустановок споживачів до спеціальної автоматики вимкнення навантаження у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 31 липня 2012 року № 554.

*Висновки.* Враховуючи особливості роботи електроенергетичної системи проведено дослідження спеціальних графіків роботи, що забезпечують надійну роботу ОЕС у разі виникнення різних аварійних ситуацій.

## АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЛІФТА

**Пахуций С.П., Герман М.В.**

*Наукові керівники – Лисиченко М.Л., д-р техн. наук, професор,*

*Гузенко В.В., асистент*

*(Харківський національний технічний університет сільського  
господарства ім. Петра Василенка)*

Як відомо, ліфтові установки є типовим прикладом механізмів, що пред'являють високі вимоги до динамічних характеристик електропривода, що працює в напружених пускагальмівних режимах. В науковій роботі приділена увага основним вимогам до електроприводу ліфтів, такі як: надійність роботи, тихохідність, зручність і простота в експлуатації і обслуговуванні.

Двигуни для електроприводів ліфтів це двигуни постійного струму або асинхронні двухшвидкісні двигуни з короткозамкненим ротором, призначені для приводів лебідок пасажирських, вантажо-пасажирських та вантажних ліфтів.

Як показав аналіз на основі сучасної науково-технічної літератури, що перехід від нерегульованої системи керування електропривода до регульованої дозволяє значно покращити її технічні характеристики, розширити функціональні можливості системи, значно знизити кількість споживаної електроприводом електроенергії, а також впровадити енерго- і ресурсозберігаюче обладнання і технології.

Аналіз електроприводів, а також їх систем керування показав, що у ліфтовому господарстві необхідно впроваджувати асинхронний електропривод з перетворювачем частоти і мікропроцесорною системою керування. Основними перевагами такого електроприводу є: висока надійність, низькі експлуатаційні витрати та відносно невисока вартість.

Метою дослідження є аналіз існуючих систем керування та запровадження цифрових систем керування електроприводом ліфта з використанням віртуальних моделей в Mathlab Simulinc.

Система керування на основі мікропроцесору застосовується в перетворювачі частоти для керування асинхронними двигунами. Основним елементом системи керування є контролер, побудований на спеціальному сигнальному мікроконтролері TMS320F241 зі встроєною периферією, оптимізованою для ефективного вирішення завдань керування приводами. Ця система ґрунтується на використанні IGBT – транзисторів і контролерів. Їхня швидкість спрацювання, зчитування, повідомлення і відтворення необхідної інформації дозволяє з економі-

чною вигодою використовувати ці пристрої в ліфтовому господарстві, забезпечуючи легкість в обслуговуванні, контроль, надійність і безпеку, плавність розгону, руху і гальмування, а також точність зупинки кабіни.

В науковій роботі побудована та досліджена механічна характеристика і навантажувальна діаграма вибраного двигуна. Також завдання ставилося таким чином, щоб розглянути перехідні процеси електропривода при відпрацюванні ним заданої траєкторії руху з допомогою програми Matlab Simulink. Відпрацьовано методику програмування перетворювача частоти та технологічного контролера.

Таким чином, мікропроцесорна система керування ліфтами дозволяє вирішувати задачу створення інтерактивного інтерфейсу перетворюючої техніки з оператором, а також задачу об'єднання декількох приводів в локальну промислову мережу.

## **РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЦЕНТРИФУГИ НА ЦУКРОВОМУ ЗАВОДІ**

***Матусевич Я.С., Єзловецький А.Л.***

*Наукові керівники – Лисиченко М.Л., д-р техн. наук, професор,*

***Гузенко В.В., асистент***

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка)*

Виробництво цукру в Україні стоїть на дев'ятому місці у світі. Основними виробниками цукру на Україні є цукрові заводи, комбінати і компанії (у Київській, Черкаській, Вінницькій обл.). Існуюче обладнання для центрифугування, на деяких заводах це ФПН-1251Т-01, вже має фізичний знос та морально застаріло. Якість цукру, одержуваного на старому обладнанні, не задовольняє вимогам сучасного ринку.

Метою наукової роботи є розробка та дослідження керованого електроприводу центрифуги на цукровому заводі.

Технологічний процес виготовлення бурякового цукру включає етапи: екстракція, очищення, випарювання, кристалізація. Кристалізація, як відомо, здійснюється у вакуум-апаратах при температурі 75° С. Через три години отримують продукт – утфель першої кристалізації. Утфель – суміш кристалів сахарози і меляси. Далі продукт надходить у мішалку, а потім – в утфелерозподільник і центрифуги. Кристалічний цукор, який залишається у центрифугі відбілюють і пропарюють парою.

Порівняння технологічних, енергетичних та експлуатаційно-економічних показників центрифуг типу ФПН-1251Т-01 та BW-1500S

дозволяє зробити висновок, що машини компанії Buckau-Wolf по своїм параметрам перевершують машини Сумського НПО ім.Фрунзе.

Проведено детальний аналіз механічних властивостей двигуна і центрифуги цукрового заводу з урахуванням характеристик, що виражають всі основні параметри роботи. Проаналізовано основні з параметрів: фактор поділу центрифуги, вологість цукру, електропривод, ергономіка і затрати праці.

Центрифуги типу ФПН-І25ІТ-01 забезпечені трьохшвидкісним асинхронним електродвигуном, а центрифуги німецької фірми Buckau-Wolf BW-І500S – електродвигуном змінного струму з частотним перетворювачем з рекуперацією енергії та управлінням від командоконтролера з програмним управлінням.

Програма дозволяє точно дотримуватися черговості вивантаження центрифуг, що в свою чергу призводить до економії електроенергії за рахунок живлення сусідніх машин струмом рекуперації гальмування тієї, яка йде на вивантаження. Доведено, що підвищення кількості робочих циклів за рахунок вивантаження сировини без зупинки (при 70 об/хв. обертання ротора) значно підвищує якість цукру при зниженні витрат на виробництво продукції.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ПОБУТОВИХ КОНДИЦІОНЕРІВ**

***Юрченко В.О.***

*Науковий керівник – Охріменко В.М., канд. техн. наук, доцент*

Навчальним планом підготовки бакалаврів напрямку «Електротехніка та електротехнології» передбачено вивчення дисципліни «Споживачі електричної енергії» (СЕЕ), зокрема особливостей технологічних режимів СЕЕ, режимів їхньої роботи та впливу на показники якості електричної енергії. Значне місце у програмі дисципліни виділено вивченню електроспоживачів з асинхронними електродвигунами (АД). Актуальним є питання дослідження однофазних електродвигунів у складі побутових кондиціонерів.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні методики виконання лабораторної роботи щодо дослідження побутових кондиціонерів.

Метою даної роботи була модернізація схеми лабораторної роботи та її експериментальної частини з погляду вивчення електричного устаткування побутових кондиціонерів.

У лабораторній роботі досліджується побутовий кондиціонер БК-1500 у складі якого два однофазних АД. АД відцентрового та осьового

вентиляторів забезпечує охолодження конденсатора холодильного агрегату зовнішнім повітрям) – двошвидкісний, конденсаторний з короткозамкненим ротором потужністю 40/18 Вт працює у довгостроковому режимі з навантаженням близьким до холостого ходу. АД компресора (забезпечує циркуляцію холодоагенту по системі трубопроводів холодильного агрегату) – однофазний конденсаторний потужністю 850 Вт працює у повторно-короткочасному режимі.

В даній роботі пропонується проводити дослідження роботи обох АД в чотирьох режимах роботи кондиціонера: режим вентиляції – слабо і сильно; режим кондиціонування – слабо і сильно. На рисунку 1 подано схему лабораторного стенду. У ході дослідження проводиться вимірювання струмів, активної потужності обмоток двигуна вентиляторів (на схемі двигун МВ) і двигуна компресора (на схемі двигун МК) та напруг на обмотках двигунів. З цією метою на лабораторній панелі змонтовані клемми 1–11, які підключені до відповідних обмоток двигунів. Струми конденсаторних обмоток  $I_k$  двигунів обчислюються за даними напруги на конденсаторі  $U_k$  та ємності конденсатора  $C$

$$I_k = U_k / x_k = U_k \cdot \omega C.$$

Повна, реактивна потужності обмоток двигунів та коефіцієнти потужності обчислюються за відомими співвідношеннями:

$$S = U \cdot I; \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2}; \quad \cos \varphi = P/S.$$

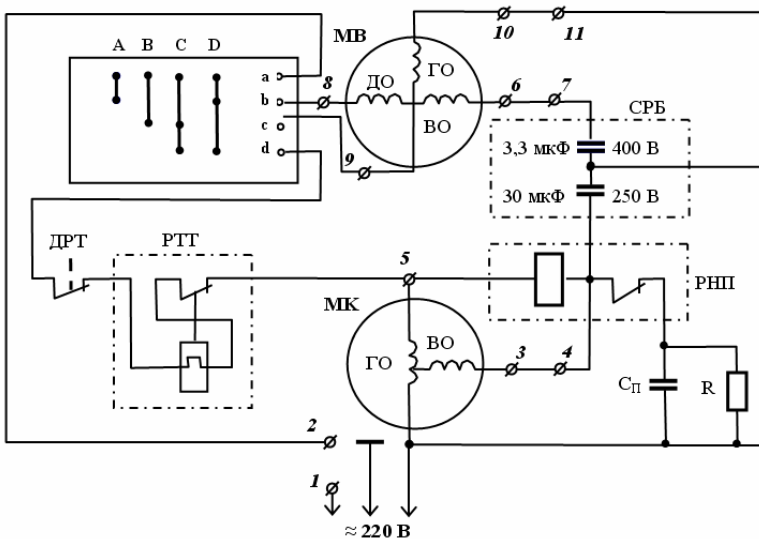


Рисунок 1 – Схема лабораторного стенду

*Порядок проведення дослідження.* Спочатку досліджується робота кондиціонера в режимі вентилятора. Проводиться реєстрація струмів, напруг і активної потужності обмоток і двигуна МВ в цілому. Обчислюються недостаючі параметри: повні, реактивні потужності та  $\cos\varphi$ .

Потім досліджується робота у режимі кондиціонування (сумісна робота двох АД). Реєструються струми, напруги і активна потужність кондиціонера. Обчислюються параметри двигуна компресора МК: повні, реактивні потужності та  $\cos\varphi$  обмоток АД МК та компресора у цілому.

**Висновок.** Запропонована схема лабораторного стенду та методика проведення вимірювання параметрів однофазних асинхронних двигунів компресора та методика розрахунку недостаючих параметрів дозволяє провести повне дослідження роботи двигунів у складі компресора, побудувати векторні діаграми напруг, струмів і потужностей двигунів, отримати наочне уявлення про фізику їхньої роботи.

## **МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ ПРОВОДНИКІВ, ПРИ ПРОТІКАННІ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ**

*Мірось Ю.О., Кофанов В.В.*

*Науковий керівник – Дьяков Є.Д., канд. техн. наук, доцент*

Режими роботи повітряних ліній (ПЛ) в значній мірі визначають надійність роботи системи електропостачання. Незважаючи на значний досвід, накопичений в процесі експлуатації ПЛ, деякі питання не знайшли належного відображення в технічній літературі. Особливо це відноситься до аварійних режимів роботи ПЛ викликаних «пляскою» проводів. Традиційно механічні коливання проводів ПЛ пояснювалися впливом вітрового навантаження і відкладенням ожеледі. Проте, механічні коливання проводів можуть виникати і при відсутності цих зовнішніх факторів. Вивчення причин, які визивають дані процеси і розробка методів їх усунення необхідно для раціонального проектування ПЛ.

Вивчення процесів виникнення механічних коливань проводилося на моделі, яка дозволяла змінювати навантаження на провід. В якості проводу використовувався сталевий провідник, закріплений з двох сторін. При пропусканні електричного струму через провідник виникали механічні коливання у вертикальній площині, частота яких дорівнювала три коливання у секунду. Зміна величини струму, супроводжувалося зміною амплітуди коливань.



## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТУ

*Дащенко А.С., Стаценін Д.С.*

*Науковий керівник – Карпалюк І.Т., канд. техн. наук, доцент*

*Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і публікацій.*

Найдавніший електроприймач – нагрівальний елемент. Фізичні основи таких елементів досліджені і такий елемент має найширше розповсюдження. В той же час в мережі Інтернет були представлені нагрівачі іншого фізичного принципу - індукційні. Спираючись на інформацію дослідників з мережі Інтернет і результати наукових досліджень що проведені на кафедрі СЕтаЕМ, було запропоновано провести ряд дослідів із такими елементами для з'ясування ефектів, що виникають в нагрівальних електричних елементах що побудовані на індукційному принципі. Наявність нагрівання в таких індукційних нагрівачах пов'язана із токами Фуко. Звідси і певні характеристики таких нагрівачів.

Щоб перевірити властивості визначених ефектів, була зібрана лабораторна установка на якій і проводилися експерименти по з'ясуванню залежності параметрів індукційного нагрівача від електричних параметрів джерела і геометричних розмірів самого нагрівача.

*Мета дослідження.* Дослідити можливість роботи індукційного нагрівального елемента. Встановити величини перетворення електричного струму в теплову енергію, з'ясувати діапазон можливої роботи здатності, дослідити електричні параметри.

*Основні матеріали досліджень.* Було виконано лабораторну установку, яка представляє собою дві стенд для заняття теплових характеристик і електричних параметрів. Перетворення електричної енергії в теплову контролювалося по витраченому часу на нагрівання 1 літра води до температури 100 градусів Цельсія (кипіння). Порівняння проводилося із класичним тепловим нагрівачем. Час нагрівання замірявся для різних величин напруги.

Елемент №1 (контрольний). Класичний нагрівач потужністю 0,5 кВт із номінальною напругою 220 В.

Ніхромова проволочка в алюмінієвій трубці. Для запобігання контакту проволочки нагрівача із стінками трубка заповнена кварцовим піком.

Елемент №2 (дослідний). Експериментальний нагрівальний елемент виконаний по принципам індукційного нагріву. Котушку намотано мідним дротом діаметром 0,5 мм у лаковій ізоляції. Осердя виконано із конструкційної сталі марки 20.

Коефіцієнт перетворення електричної потужності в теплову показав високі результати. Але виявлена залежність роботи нагрівача від частоти струму живлення, що підтверджує правильність припущення що в нагріванні використовуються властивості токів Фуко.

*Висновки.* Індукційний нагрівальний елемент показав високі значення коефіцієнту перетворення електричної енергії в теплову. Під час експерименту перегріву дроту котушок не виявлено, що дозволяє зробити висновок про можливість довгого використання такого типу нагрівача. Подальші дослідження індукційних нагрівальних елементів доцільно направити на перевірку часу роботи в порівнянні із ніхромовим нагрівачем. І провести кращі тести на предмет з'ясування можливості використання в промисловості.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЗА РАХУНОК КОМБІНАЦІЙ ЙОГО ІЗ СОНЯЧНИМ КОЛЕКТОРОМ**

*Лавренова Т.О.*

*Науковий керівник – Карпалюк І.Т., канд. техн. наук, доцент*

*Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і публікацій.* При пошуку альтернативних джерел енергії дослідники спираються на аналіз існуючих джерел енергії в наявному доступі. Перше місце серед джерел енергії займає енергія Сонячних променів, що падають на поверхню Землі. За різні оцінки ця енергія становить 174000 ТВт за рік. В порівнянні із енергією вітру яка оцінка якої складає 370 ТВт, зрозуміло, що енергію променистого тепла Сонця Необхідно використовувати. Це найбільше джерело енергії, яке безпосередньо майже не використовується. Тому в світі приділяється така увага розробці і використанню фотоелектричних перетворювачів для перетворення променевої енергії Сонця в електричну енергію.

Основа конструкції фотоелектричних панелей – використання фотоелектричного ефекту в напівпровідникових кристалах. Звідки і основні проблеми таких приладів – низький ККД і висока вартість.

Тому в світі наукові дослідження спрямовані на пошук засобів підвищення ККД.

В нашому дослідженні ми звернули увагу на зменшення генеруючої здатності напівпровідникового кристалу при підвищенні його температури. Що обумовлюється фізичними властивостями самих кристалів. Всі виробники Сонячних панелей дають попередження щодо їх використання у строго відповідному температурному діапазоні.

Наприклад, залежність вольт амперної характеристики від температури кристалів (рисунок)

Було проведено додаткові дослідження по з'ясуванню температури нагріву Сонячних панелей під час експлуатації. Було створено еквівалентну модель Сонячній панелі і проведено вимірювання максимальних температур протягом астрономічного року. Було з'ясовано можливі температурні режими роботи фотоелектричних панелей. І вони коливаються в межах 45-65 градусів Цельсія для широти м. Харкова. Такий температурний діапазон призводить до зменшення потужності генерації. Ще одна побічна дія високої температури для напівпровідникового кристала – це зменшення його термінів використання. При підвищеній температурі збільшується вірогідність руйнування кристала.

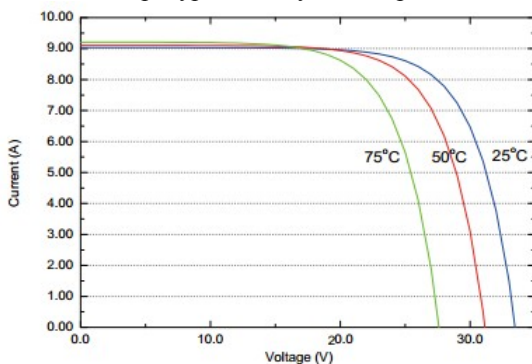


Рисунок 1 – Залежність вольт амперної характеристики від температури кристалів фотоелектричних панелей виробництва фірми Seraphim панелі марки SRP-6PB

З іншого боку є добре пророблені системи які вловлюють променисту енергію Сонця і переводять її в тепло. Такі системи отримали назву Геліотеплових систем. Ми звернули увагу на Сонячні колектори, що використовують рідину як носій теплової енергії.

Тому було запропоновано об'єднати дві такі системи фотоелектричні панелі і Сонячні колектори в одну систему.

*Мета дослідження.* Спробувати підвищити вихід по генерації енергії Сонячних панелей за рахунок зниження температури нагріву і переведення теплової енергії Сонячного випромінювання що падає на фотоелектричні панелі але не переводиться в електрику в придатну для використання теплову енергію. Досягається ця мета об'єднанням двох сонячних систем в одну: фотоелектричного перетворювача і сонячного колектора. Дослідити величини коефіцієнтів перетворення сонячних променів в корисну енергію.

*Висновки.* Спираючись на попередні висновки отримані на моделі і результати інших дослідників, що також займаються подібною проблемою, зазначаємо, що отримані величини електричної енергії в фотоелектричних перетворювачах вищі за відокремлені панелі. Але в той-же час отримання теплової енергії в сонячних колекторах менші за відокремлені. Досягти прийнятних результатів можливо за рахунок зміни конструкційного виконання таких комплексних систем. Вважаємо, що роботи по дослідженню комплексних Сонячних систем є сенс продовжити.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ТРАНСФОРМАЦІЇ В ТРАНСФОРМАТОРАХ НАПРУГИ ІЗ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЮ НАМОТКОЮ ОБМОТОК**

*Євсєєва Д.О., Курдеман М.К.*

*Науковий керівник – Карпалюк І.Т., канд. техн. наук, доцент*

*Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і публікацій.* Спираючись на інформацію дослідників з мережі Інтернет і результати наукових досліджень що проведені на кафедрі СЕтаЕМ по використанню ефектів, що виникають в трансформаторах напруги які намотані нетрадиційним способом. Наявність існування магнітно-електричних ефектів в трансформаторах при перпендикулярній намотці котушок підтверджена експериментами. Частина цих ефектів можна порівняти із традиційним передаванням струму класичного трансформатора.

Щоб перевірити властивості визначених ефектів, була зібрана лабораторна установка на якій і проводилися експерименти по з'ясуванню залежності коефіцієнту трансформації від форми трансформатора, порядку намотки обмоток, частоти струму для трансформаторів із перпендикулярно намотаними котушками.

*Мета дослідження.* Дослідити величини коефіцієнтів трансформації залежності від форми, порядку намотки обмоток, частоти струму для трансформаторів із перпендикулярно намотаними обмотками.

*Основні матеріали досліджень.* Було виконано трансформатори напруги трьох різних форм. Ці трансформатори мали первинну і вторинну обмотки, що намотувалися перпендикулярно одна одній.

Трансформатор №1. Трансформатор намотано на феритовому осерді з магнітною проникливістю 2000Н. Розміри  $D_{\text{зовн}} = 46$  мм,  $D_{\text{внутр}} = 28$  мм, Висота = 15 мм.

На ізольоване осердя намотувалися дві обмотки: перша обмотка вздовж кола осердя 45 витків, друга радіально до осердя (традиційна

намотка) 135 витків. Намотка виконана мідним дротом в лаковій ізоляції діаметром 0,5 мм.

Трансформатор № 2. Експериментальний трансформатор було зібрано на тороїдальному паперовому каркасі.

На ізольоване осердя намотувалися дві обмотки: перша обмотка вздовж кола осердя 45 витків, друга радіально до осердя (традиційна намотка) 135 витків. Намотка виконана мідним дротом в лаковій ізоляції діаметром 0,5 мм..

Трансформатор № 3. Експериментальний трансформатор було зібрано на металевому осерді з пластин трансформаторного заліза товщиною 0,6 мм розмірами 46х46 мм, висота пакета 17,5 мм.

На ізольоване осердя намотувалися обмотки перпендикулярно одна до однієї. Намотка була виконана таким чином, щоб жодна обмотка не мала переваг. Перший виток обмотки А накладався на перший виток обмотки Б, а другий виток обмотки Б накладав перший виток обмотки А. Намотка взаємне перекриття (косичка).

Коефіцієнт трансформації визначали за класичними схемами. Щоб виявити несиметричність дії таких трансформаторів проводили заміри і у зворотному напрямку. Величини коефіцієнту трансформації вимірювали на різних частотах від 10 Гц до 20000Гц

*Висновки.* Трансформатори напруги що мають обмотки із перпендикулярною намоткою при наявності металевго осердя, не мають придатного коефіцієнта трансформації, але в той же час при відсутності металевго осердя такий трансформатор показав придатні значення коефіцієнта трансформації. З'ясувалося, що параметри таких трансформаторів залежать від взаємного розташування котушок, дослідження із такими трансформаторами є сенс продовжити.

## **ІДЕНТИФІКАЦІЯ КОРОНИ ЗМІННОГО СТРУМУ В ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРУГОЮ 100 кВ ТА ВИЩЕ**

***Какацій О.С.***

*Науковий керівник – Доценко С.І., канд. техн. наук, доцент*

Метою роботи є встановлення ознак коронного розряду, які можуть бути використані для її ідентифікації.

Коронний розряд, або корона - один з видів самостійного розряду в газі з високою щільністю струму. Обов'язковою умовою існування корони є значна неоднорідність електричного поля, що виникає в розрядному проміжку при поданні на його електроди напруги .

Області, де виявляються виконаними умови виникнення і підтримки самостійного розряду, отримали назву зон іонізації або чохла

корони. У зонах іонізації, крім процесів іонізації і збудження нейтральних атомів і молекул, утворення і розпаду негативних і позитивних іонів, мають місце також процеси рекомбінації іонів і переходи атомів і молекул з порушених в нормальні стабільні стани .

Ці процеси супроводжуються випромінюванням як у видимій, так і в більш короткохвильовій УФ областях спектру. Окрім оптичного випромінювання, при коронному розряді виникає звуковий сигнал частотою від 100 до 10000 Гц. Так само для чохла корони характерні швидкі процеси, що відбуваються зі швидкістю електронів або стримерів. Тому струм корони, крім складової яка повільно змінюється, яка визначається переміщенням об'ємного заряду, містить велику кількість короткочасних піків. Це високочастотні складові є джерелом інтенсивного електромагнітного випромінювання з широким спектром частот (від 0,15 до 100 МГц, радіохвилі).

*Висновок.* Завдяки даним процесам, можливо встановлювати місце розташування коронного розряду на проводах і ізоляторній арматурі ліній електропередач і підстанцій.

## **ОЗНАКИ КОРОНИ ЗМІННОГО СТРУМУ В ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ДЛЯ ЦІЛЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ**

***Тетерев В.О.***

*Науковий керівник – Доценко С.І., канд. техн. наук, доцент*

Метою роботи є встановлення ознак коронного розряду, які можуть бути використані для визначення втрат на корону у реальному часі.

Задача постійного моніторингу генерування коронного розряду на фазовому дроті та елементах підвіски на цей час не вирішується. Існують методи одномоментних спостережень наявності коронного розряду за допомогою спеціальних приладів.

Згідно Р. С. Арбузову, на цей час значного розвитку отримали методи оптичного контролю стану елементів ліній електропередач . До цих методів відноситься тепловізійний метод обстеження. Він заснований на: «дистанційному визначенні випромінювальної температури контрольованих об'єктів. На ВЛ тепловізійним методом контролюється температура проводів і їх контактних з'єднань, арматури, натяжних тросів і підвісної ізоляції ».

Згідно: «Від можливих способів реєстрації розрядних процесів для діагностичних цілей оптичний спосіб відрізняється найбільшою чутливістю, просторовою роздільною здатністю і завадостійкістю. Оскільки випромінювання розрядних процесів переважно зосереджено

в ультрафіолетовій частині спектру, обговорюваний метод діагностики отримав за кордоном назву «УФ-інспекція».

*Висновок.* Пропонується використовувати випромінювання корони в ультрафіолетовому діапазоні для визначення параметрів графіку зміни напруги корони. Перш за все моменту запалювання корони відносно моменту коли напруга в лінії дорівнює нулю.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОПАЛЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ**

*Дащенко А.С., Стаценін Д.С.*

*Науковий керівник – Доценко С.І., канд. техн. наук, доцент*

Метою даної роботи є аналіз способу підвищення використання електричної енергії в системах теплопостачання з використанням електричної енергії. Аналіз виконано на основі матеріалів [1].

Принцип роботи теплового насоса базується не на виробництві, а на перенесенні (транспортування) теплової енергії. Для характеристики теплових насосів використовують – коефіцієнт перетворення (трансформації) тепла (КПТ). Саме за цим параметром порівнюють між собою агрегати подібного типу. Його фізичний зміст показує відношення отриманої кількості теплоти до величини, витраченої для цього електричної енергії. Наприклад, при КПТ = 4,8 витрачена насосом потужність в 1кВт дозволить отримати з його допомогою теплову енергію з потужністю 3,8 кВт *безоплатно*.

Серед переваг теплового насоса слід також відзначити, перш за все, універсальність застосування. Навіть за відсутності доступних ліній електропередач робота компресора теплового насоса може бути забезпечена дизельним приводом.

Наступною перевагою є двонаправлений режим роботи. Тепловий насос може в зимовий час обігрівати приміщення, а в літній – охолоджувати. Відібрану з приміщення «теплоту» можна використовувати ефективно, наприклад, підігрівати воду в басейні або в системі гарячого водопостачання.

В робочому циклі теплового насоса відсутні небезпечні процеси. Відсутність відкритого вогню і шкідливих небезпечних для людини виділень, низька температура теплоносіїв роблять тепловий насос «нешкідливим», але корисним побутовим приладом.

1. Принцип дії теплових насосів: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://pobuduvati.ru/zamiskij-budinok/opalennja/3612-princip-dii-teplovih-nasosiv.html>

## РОЗРАХУНОК СОНЯЧНОЇ ІНСОЛЯЦІЇ ДЛЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

**Курдеман М.К.**

*Науковий керівник – Доценко С.І., канд. техн. наук, доцент*

Метою даної роботи є оцінка перспектив використання сонячної енергії для виробництва електричної енергії.

Україна має значний потенціал відновлювальних джерел енергії для генерації електричної енергії, значно більше ніж деякі країни північної та центральної Європи, наприклад Німеччина. Для України проводилося визначення значення інсоляції. Так в роботі Україна, в залежності від значення інсоляції за рік, поділена на чотири зони (I зона 1350 кВт·год/м<sup>2</sup>, II зона 1250 кВт·год/м<sup>2</sup>, III зона 1150 кВт·год/м<sup>2</sup>, IV зона 1000 кВт·год/м<sup>2</sup>). Але наведені значення потребують уточнення. Крім того, необхідно визначити, як природні особливості регіону впливають на технічні характеристики фотоелектричних панелей, на їх здатність забезпечити надійне і якісне електропостачання споживачів.

Потужність сонячного випромінювання залежить від широти місцевості, пори року і доби. Крім того, потужність сонячного випромінювання, яка практично досягає поверхні Землі (тобто за вирахуванням втрат в атмосфері), залежить також і від стану атмосфери (наявність хмар, туману, пилу і т. п.). Так як стан атмосфери залежить від багатьох випадкових факторів, то добові і річні графіки надходження сонячної енергії мають складний характер.

Для орієнтації одиничної площадки введемо наступні параметри (рис. 1):

$h$  – кут висоти Сонця над горизонтом;

$\beta$  – кут нахилу площадки над горизонтом;

$\gamma$  – азимутальний кут, тобто кут відхилення проекції нормальної до площадки від напрямку на сонячний полудень.

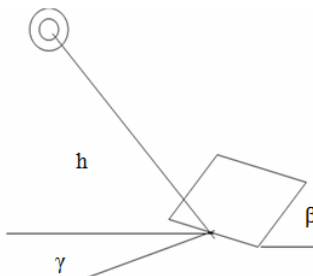


Рисунок 1 – Параметри орієнтації площадки



Графіки їх зміни при цьому можна представити двома величинами:

- детермінованою, функціонально пов'язаною з часом доби, року і широтою місцевості;

- випадковою, що залежить від стану атмосфери.

Функція космічного сонячного випромінювання в силу своєї строгої детермінованості добре вивчена і затабульована.

Згідно рисунка 1 найбільша щільність потужності космічного сонячного випромінювання буде при збігу нормалі до площадки і направлення на Сонце.

Так як положення Сонця щодо Землі безперервно змінюється протягом року і доби, то для отримання максимально можливої щільності потужності сонячного випромінювання кути  $\beta$  і  $\gamma$  повинні змінюватися безперервно, тобто необхідно безперервне спостереження за Сонцем.

Однак, як показали роботи при цьому сильно збільшується вартість сонячної установки, перевищуючи вартість доданої потужності від стеження. У зв'язку з цим, для малопотужних сонячних установок найбільш ефективними є фіксовані сонячні приймачі (колектори) .

Щільність потужності сонячного випромінювання, реально падаючого на сонячний колектор залежить від зовнішніх погодних умов. Тут передбачається, що в ранкові години немає хмарності, а в післяобідні години з'являється хмарність. Якщо такі умови є статистично стійкими, то очевидно, що доцільно орієнтувати сонячний колектор не строго на південь, а на південний схід, причому більш точне його положення повинно визначатися спеціальними оптимізаційними розрахунками.

*Висновок.* Таким чином, для орієнтації сонячних колекторів необхідні статистичні дані про прозорість атмосфери або реальні добові графіки надходжень через атмосферу потоків сонячної енергії.

За сонячним випромінюванням стежать метеорологічні станції в рамках державних програм метеорології, тому є досить статистичних даних по графіках надходження сонячної енергії.

## **МЕТОД АКУМУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

***Смиреньська Л.В.***

*Науковий керівник – Доценко С.І., канд. техн. наук, доцент*

Метою роботи є аналіз характеристик суперконденсаторів у якості акумуляторів електричної енергії.

Іоністори, інша назва суперконденсатори або ультраконденсатори – це пристрої, які схожі на конденсатори і в яких накопичується електричний заряд між двома обкладками на межі поділу двох середовищ - електроліту і електродів. Вся енергія в іоністорі зберігається у вигляді статичного заряду. Накопичення енергії відбувається за рахунок прикладеної постійної напруги на його зовнішні висновки. Простіше можна сказати, що це звичайні конденсатори, які на відміну від простих, мають величезну ємкість

Деякі вважають, що суперконденсатори здатні замінити акумулятор. Але поки це не так. Іоністор масою в один кілограм може нагромадивши 3000 Дж енергії, а досить дешевий свинцевий акумулятор - 86000 Дж. Але в разі віддачі великої потужності за дуже короткий час акумулятор швидко вийде з ладу.

Іоністор можна багаторазово і без будь-якої шкоди віддавати будь-які потужності, зарядити іоністор можна за лічені секунди. Цей принцип знайшов широке застосування в переносних рентгенівських апаратах.

Традиційні конденсатори мають всередині обкладки з фольги, які розділені діелектриком. Іоністори це вже об'єднання конденсатора з електрохімічною батареєю. У іоністорів застосовується спеціальний електроліт і обкладки. В основному збільшення загальної ємності суперконденсатора здійснюється за рахунок застосування матеріалів, які мають досить велику власну поверхневу площу.

У іоністорів обкладки бувають наступних видів:

- з використанням активованого вугілля;
- електропровідних полімерів;
- різних оксидів металів.

Використання над пористих вугільних матеріалів дозволяє отримати загальну щільність ємності від 10 Фарад /  $\text{см}^3$  і навіть вище.

Суперконденсатори на основі активованого вугілля виходять дешевшими при промисловому виготовленні. Їх ще називають DLC-конденсаторами – двохаровими, так як ємність накопичується в подвійному шарі, який утворюється на поверхні обкладинок.

Електроліт іоністорів, може бути водним або органічним. Іоністори, які містять водний електроліт, мають низький внутрішній опір, але їх напруга заряду обмежена рівнем до одного вольт. Навпаки, суперконденсатори на основі органічного електроліту мають досить великий опір, зате їх рівень заряду 2-3 вольт.

Так як для живлення різних електронних схем використовуються більш високі значення напруги, ніж є у одного іоністора, то для отримання потрібного номіналу їх з'єднують послідовно. Ємність іоністо-

рів вимірюється в Фарада. У суперконденсаторах можливо домогтися щільності потужності на одиницю маси робочої речовини від одного до десяти Вт/кг. Це на порядок більше, ніж у стандартних конденсаторів, і менше, ніж в акумуляторів.

До основних мінусів у роботі суперконденсатора можна віднести лінійне зниження рівня напруги протягом часу його роботи до повного розряду. Тому іоністори не можуть утримувати повний заряд. Загальна ступінь заряду обчислюється у відсотках і залежить від того, який номінал напруги спочатку буде подано.

Якщо суперконденсатор заряджений до рівня напруги в вісім вольт, а схема працює з мінімальним напругою чотири вольта, то виходить, що використовується заряд всього 50%. Частина електроенергії, що залишилася в іоністорів виявляється абсолютно непотрібною. Для збільшення ступеня використання енергії застосовують перетворювачі, але при цьому падає ККД.

*Висновки.* Іоністори знайшли застосування в живленні мікросхем пам'яті, в ланцюгах фільтрації. Вони також добре працюють в парі з батареями.

*Плюси іоністорів.* Малий внутрішній опір, збільшений термін служби, відсутність обмежень по кількості циклів заряд / розряд, низька ціна, широкий діапазон робочих температур, швидкий процес заряду і розряду, робота при будь-якій напрузі, що не вище номінальної, немає необхідності контролю за зарядом.

*Мінуси іоністорів.* Низька енергетична щільність, немає можливості забезпечення достатнього накопичення енергії, низька напруга на одному іоністорі, високий рівень саморозряду.

## **ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ**

***Плешакова М.А.***

*Науковий керівник – Щербак І.Є., асистент*

Трансформатори струму призначені для всіх галузей промисловості, де потрібна передача сигналу вимірювальних приладів, пристроїв захисту і управління в розподільних пристроях-установках, включаючи комерційний облік електроенергії.

Небезпечним фактором при роботі трансформатора струму є можливість поразки високовольтним потенціалом при пробі ізоляції та при розриві у вторинному ланцюзі. Потенціал на розімкнутих контактах вторинної обмотки при проходженні струму може досягати декількох кіловольт, що дуже небезпечно. Тому всі вторинні кола трансфор-

маторів струму повинні бути надійно зібрані, а на виведених з роботи обмотках завжди встановлюються шунтуючі закоротки.

У трансформаторів струму типу ТФЗМ сердечник і всі обмотки ізолюються кабельним промасленим папером. Всі обмотки і робочі елементи поміщаються в міцний фарфоровий корпус, який заповнений маслом. Він міцно скріплюється з цоколем. Його верхня частина є маслорозширювачем. Вона закривається спеціальною кришкою, що має дихальний клапан. Ця кришка тримається на корпусі трансформатора за допомогою спеціальних болтів. Первинна обмотка ТФЗМ має дві окремі секції. Їх виводи кріпляться до клем, які дозволяють підключити їх в різному режимі (послідовно або паралельно). Це дозволяє змінювати параметри первинного струму.

У верхній частині трансформаторів струму типу ТОГ розташовано захисний пристрій, який з'єднує внутрішній газовий обсяг з атмосферою при значному перевищенні внутрішнього тиску (наприклад, при надмірному заповненні газом або внутрішньому дуговому перекритті), що робить апарат вибухобезпечним. У трансформаторі відсутня внутрішня тверда ізоляція, що знижує рівень часткових розрядів до мінімуму і підвищує його надійність. Так, трансформатори струму типу ТОГ зручно використовувати при реконструкції електричної мережі. Вони повністю придатні для установки замість старих маслонаповнених вимірювальних трансформаторів струму бо мають однакові посадкові розміри при дотриманні всіх технічних характеристик.

*Висновок:* Так застосування сучасних трансформаторів струму типу ТОГ замість ТФЗМ дозволить забезпечити більшу надійність та зручність експлуатації.

## **МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЗАСОБАМИ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИКИ МОДУС**

***Махотка В.О.***

*Науковий керівник – Коробка В.О., ст. викладач*

*Актуальність проблеми* пов'язана з тим, що на зміну електромагнітним реле прийшли цифрові пристрої релейного захисту і автоматики (РЗА) та з дефіцитом висококваліфікованих спеціалістів в галузі РЗА як в Україні так і у світі.

*Наукова новизна роботи* полягає у відсутності цілісної методики моделювання РЗА програмним комплексом для енергетики МОДУС.

*Мета досліджень.* Розкрити можливості програмного комплексу для енергетики МОДУС для моделювання РЗА електричних мереж, щоб забезпечити сталий розвиток міст.

*Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій.* Оновлені версії сучасного програмного комплексу для енергетики МОДУС розробники викладають в Інтернет разом з супровідною документацією. Була спроба дослідити можливості програмного комплексу для енергетики МОДУС для моделювання РЗА [1], а наша задача полягає у розробці цілісної методики моделювання РЗА програмним комплексом для енергетики МОДУС.

*Основні матеріали досліджень.* Перед тим як моделювати РЗА засобами програмного комплексу МОДУС необхідно в графічному редакторі намалювати схему мережі, панелі РЗА та панелі керування розподільними установками. Для того щоб в процесі створення макета мережі МОДУС автоматично створював моделі захистів необхідно поставити «галку» у клітинці модель РЗіА вікна властивості сторінки. В програмному комплексі МОДУС передбачено три види основних комплектів захисту: ліній, трансформаторів і шин. Для моделювання РЗА в аніматорі існують такі пункти меню: зони, вузли і канали. Щоб переглянути склад пристроїв конкретної зони захисту, слід відкрити відповідний рядок зони у розділі вузли. У свою чергу, кожний пристрій зони пов'язаний з органами управління та індикації і каналами дії. Сформовані автоматично зони захисту можна змінювати. У вузлах пропонуються за замовчуванням певні види РЗА. Непотрібні захисти можна викреслювати, а не створені додавати. Якщо у вузлі виділити певний вид захисту, то за допомогою підменю дія визначаються комутаційні апарати, які вимикаються у разі спрацювання цього виду захисту, також призначається апаратура сигналізації. В програмному комплексі МОДУС передбачено три види органів управління: блінкер або вказівне реле, яке призначене для індикації спрацювання пристрою, накладка, з допомогою якої можна відключити цей пристрій, та індикатор, наприклад табло, яке сигналізує про спрацювання даного пристрою. За допомогою підменю чутливість визначаються види пошкоджень, на які реагує даний вид захисту та перелік елементів, що входять в зону захисту. За допомогою підменю параметри налаштовуємо витримку часу, вид захисту (основний чи резервний), кількість повторів (для АПВ) і т.п.

Для того щоб побачити комплект захистів для трансформатора необхідно виділити на схемі зону захисту трансформатора і від зони перейти до вузла правою кнопкою миші.

В комплект захистів трансформатора входять диференційні і газові захисти: ГЗТ і ДЗТ. Для трансформаторів 110 кВ і вище додатково передбачений диференційний захист ошиновки – ДЗОШ кожного класу напруги. Крім того, захист трансформатора цієї підстанції забезпе-

чується резервним дистанційним захистом (ДЗ) і максимально струмовим захистом нульової послідовності (МСЗНП). Для трансформаторів і реакторів напругою 220 кВ і вище також додано пристрій контролю ізоляції вводів (КІВ).

Після налаштувань захисту необхідно перевірити його дію зробивши пошкодження в зоні захисту. Наприклад: для захисту трансформатора імітуємо міжвиткове замикання. Спрацьовує газовий захист і вимикає трансформатор з високої та низької сторони, на панелі РЗА трансформатора відображається результат роботи захисту точнісінько так як в реальному розподільному пристрої підстанції.

*Висновки.* В результаті проведених досліджень встановлено, що програмний комплекс для енергетики МОДУС дає можливість моделювати всі види релейного захисту і наочно спостерігати дії різних видів релейного захисту під час імітації будь-яких пошкоджень у мережі. Тому пропонується широко застосовувати програмний комплекс МОДУС як у навчальному процесі так і для моделювання релейного захисту в електричних мережах міст.

1. Токар А.О. Моделювання релейного захисту засобами програмного комплексу для енергетики МОДУС / А.О. Токар, В.А. Літвінов // Матеріали студентської науково-практичної конференції «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2015. – Вип. 7. – С. 61.

## **ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ПРИ ВИБОРІ ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДІВ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ**

***Нечволод В.О.***

*Науковий керівник – Карюк А.О., асистент*

Повітряні та кабельні лінії електропередачі забезпечують транспорт електроенергії від джерел потужності до споживачів і є одним з основних елементів електроенергетичних систем. При проектуванні лінії електропередачі головними вимогами є надійність, велика пропускна здатність, малі втрати електроенергії. Переріз проводів – найважливіший параметр лінії електропередачі. Із збільшенням перерізу проводів лінії з одного боку зростають витрати на її спорудження, з іншого – зменшуються втрати електроенергії та їх річна вартість. Вибір оптимальних перерізів проводів ліній електропередачі є актуальною задачею, вирішення якої сприяє зниженню збитків при транспортуванні електроенергії. Такий вибір відбувається за трьома критеріями: економічність, допустимі втрати напруги, умови нагріву.

Основними методиками вибору перерізу проводів ліній електропередачі на сьогодні є метод економічної густини струму та метод

економічних інтервалів . Ці методики розроблені понад п'ять десятиріч років тому і не відображають у повному обсязі сучасну економічну ситуацію. Великий об'єм вихідної інформації та можливих меж зміни головних параметрів визначає широкий інтервал граничних економічних навантажень, що потребує впровадження у практику проектування нових підходів.

Вибір оптимального перерізу проводів лінії електропередачі це типова задача з різними за характером невизначеностями, яка передбачає багато розв'язків при варіюванні різних вихідних показників. В умовах невизначеності основна складність полягає у побудові моделей, адекватних реальній обстановці, а також у виборі математичних засобів прийняття рішень. Це означає, що слід говорити не про невизначеність реальної ситуації, а про невизначеність моделі, на підставі якої приймається рішення. Одним з математичних методів прийняття рішень в умовах невизначеності є теорія статистичних переборів. Метою нашої роботи є застосування математичного апарату теорії ігор як засобу прийняття рішення при виборі оптимального перерізу проводу лінії електропередачі. Такий підхід до цієї задачі використовується вперше, а отже, крім актуальності, має певну новизну.

Теорія переборів представляє собою частину великої теорії, яка займається вивченням процесів прийняття оптимальних рішень. Теорія дає формальну можливість для описання процесів по прийняттю рішень за участю одного або декількох параметрів в умовах невизначеності і конфлікту. Невизначеність може бути викликана недостатньою кількістю інформації та даних про розглянуте явище. При такому підході будують так звану платіжну матрицю (1), яка є спрощеною формалізованою моделлю реальної конфліктної ситуації [2].

$$A = \left( \begin{array}{c|cccc} & P_1 & P_2 & \cdots & P_n \\ \hline A_1 & a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} & \alpha_1 \\ A_2 & a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} & \alpha_2 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_m & a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} & \alpha_m \\ & \beta_1 & \beta_2 & \cdots & \beta_n & \end{array} \right) \quad (1)$$

де  $m$  – число можливих стратегій, які визначають правила дії особи, що приймає рішення  $A_1, A_2, \dots, A_m$ ,  $n$  – число можливих станів зовнішнього середовища  $P_1, P_2, \dots, P_n$ ,  $a_{ij}$  – значення переваг від

прийнятого рішення в умовах невизначеності,  $\alpha_i = \max a_j$ ,  $\beta_j = \max a_i$ .

Для розв'язку задачі про знаходження оптимального перерізу проводу у якості стратегій  $A_1, A_2, \dots, A_m$  можна обрати площу перерізу проводу або його матеріал, у якості можливих станів середовища  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$  – розрахунковий струм лінії. Елементами матриці  $a_{ij}$  можуть бути, наприклад, приведені витрати, взяті з протилежним знаком, відносна ефективна річна вартість проводу, енергоефективність та ін. При цьому можна варіювати різні вхідні (зовнішні) показники. Аналіз отриманих матриць проводять за критеріями Лапласа, Вальда, Гурвіца, Байеса. Кожен з цих критеріїв вказує на перевагу певної стратегії. Шляхом перехресного порівняння отриманих результатів та підрахунку кількості стратегій, що збігаються за різними критеріями та при різних наборах елементів  $a_{ij}$  матриць, визначають ту стратегію (площу перерізу), яка буде найбільш оптимальною при даних фіксованих зовнішніх вхідних показниках. Подібні дії повторюють для іншого набору фіксованих зовнішніх показників. Таким чином, маємо складне (позиційне або багатоетапне) рішення, яке зручно представляти у формі дерева рішень – графічного зображення послідовності рішень і станів середовища з відміткою відповідних виграшних комбінацій.

## **ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ НАПРУГИ 20 кВ ДЛЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ В УКРАЇНІ**

**Агафопова І.О.**

*Науковий керівник – Перепечений В.О., канд. техн. наук, доцент*

На сьогодні розподільні електричні мережі України перебувають у край важкому стані, що зумовлено високим ступенем фізичної і моральної зношеності електроустаткування та великими втратами електричної енергії на її передавання. Зростання електричних навантажень часто призводить до технічного обмеження в сучасних мережах. Для забезпечення живлення нових споживачів споруджують лінії, як правило, паралельно до існуючих. Проте це не завжди розв'язує проблеми забезпечення споживачів електроенергією в необхідній кількості та нормованій якості.

В Україні міські розподільні мережі на класі напруги 10 кВ були сформовані в середині минулого століття для яких основні технологічні та схемні рішення суттєво застаріли. Проведення реконструкції су-



часних розподільних мереж 6 – 10 кВ із заміною обладнання на обладнання більшої потужності не дозволить підвищити їхню пропускну здатність і не дасть об'єктивного економічного ефекту.

На сьогодні певний досвід застосування технологій передавання електричної енергії на номінальній напрузі 20 кВ у розподільних електричних мережах мають країни Європи, які виконали переведення електричної мережі 6 – 10 кВ на клас напруги 20 кВ у другій половині минулого століття. Серед таких країн є Австрія, Італія, Франція, Болгарія, Чехія, Словаччина тощо.

На даний час, в Україні існують ряд робіт, які за досвідом країн Європи, а також з урахуванням історично сформованих підходів побудови розподільних мереж нашої країни, пропонують перевести розподільчі мережі з номінальної напруги 6 – 10 кВ на напругу 20 кВ.

Технологія передачі електричної енергії на номінальній напрузі 20 кВ має основні переваги порівняно з електропередачами 6 – 10 кВ:

- більшу пропускну спроможність електропередач за тих самих перерізів проводів;
- зниження технологічних витрат електричної енергії на її передавання;
- використання нового обладнання (трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів) у габаритах старого;
- зменшення загальної довжини мереж 0,4 кВ та витрат у них шляхом використання щоголових КТП 20/0,4 кВ;
- підвищення надійності електропостачання споживачів електричної енергії;
- розвантаження розподільних пристроїв 6 – 10 кВ сучасних підстанцій та усунення дефіциту потужності в центрах живлення;
- створення резерву потужності для гарантованого надійного електропостачання споживачів.

Для переходу на побудову міських мереж класом напруги 20 кВ розглядають необхідність виконання обов'язкових умов:

- 1) актуалізація нормативної бази з розробленням нових національних стандартів і технічних регламентів;
- 2) наявність у центрах живлення 110 кВ резервів потужності на рівні напруги 20 кВ;
- 3) розроблення концепції розвитку мереж 20 кВ на території конкретного міста, виконання техніко-економічного обґрунтування побудови відповідних електричних мереж;
- 4) наявність на ринку обладнання та кабельної продукції напругою 20 кВ.

Завдання переведення електричних мереж на номінальну напругу 20 кВ можна розділити на дві частини, кожна з яких має самостійні підходи для розв'язання: переведення сучасних мереж 6 (10) кВ на номінальну напругу 20 кВ та застосування напруги 20 кВ під час будівництва нових мереж.

Та ця пропозиція має не тільки прихильників, але й супротивників.

Вартість переходу мереж з 10 кВ на 20 кВ за приблизними оцінками, у сьогоднішніх цінах орієнтовно становитиме близько 20 млрд. грн. В цілому по країні – більше ніж 400 млрд. грн.

Для фінансування здійснення переходу існує декілька варіантів:

1. Збільшення тарифу – підвищення тарифу для всіх споживачів електроенергії, а це означає ще один непрямий податок на вітчизняну економіку.

2. Гроші інвесторів-нових споживачів – в технічні умови для нових споживачів буде включено вимоги приєднуватись на напрузі 20 кВ, а це значить, що потрібно буде придбати новий трансформатор і виконувати "глибоку реконструкцію" підстанції. Значить підключення на 20 кВ у більшості випадків викличе здороження приєднання у порівнянні з приєднанням на 10 кВ.

Не зважаючи на недоліки слід відмітити, що впровадження мереж 20 кВ характеризується значно більшим економічним ефектом ніж мережі нижчих класів напруг, що обумовлено зменшенням втрат електричної енергії, зменшенням інвестицій в обладнання та зниження щорічних експлуатаційних витрат.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НАПРУГОЮ 0,4-35 кВ**

*Перепечена С.С.*

*Науковий керівник – Перепечений В.О., канд. техн. наук, доцент*

На сьогоднішній день в Україні при виробництві, передачі, розподілі й перетворенні електроенергії мало уваги приділяють розподільним електричним мережам напругою 0,4-35 кВ, що є причиною неефективної роботи й сповільнює розвиток цих мереж, щодо підключення до них нових потужностей споживачів.

Основним завданням системи електропостачання є передача електроенергії відповідної якості, у певному обсязі з заданим рівнем надійності. Основними показниками ефективності електричних мереж є надійність електропостачання споживачів, якість електроенергії й рівень втрат. Рівень втрат в електричних мережах залежить від конфігу-

рації мережі, її елементів, схемних і режимних параметрів. Тому безвідмовна робота окремих елементів системи прямо визначає не тільки якість і надійність електропостачання споживачів, але й мінімальний рівень втрат.

Технологічні втрати електроенергії в електричних мережах напругою 35 кВ, 6-10 кВ і 0,4 кВ становлять відповідно в межах 5-7%, 8-10% і 11-13% обсягів її пропуску по цих електромережах.

Варто відзначити, що електричні мережі напругою 0,4-35 кВ перебувають в експлуатації понад 40 років, тому морально й фізично застаріли. Понад 50% ліній електропередачі перебувають у незадовільному технічному стані, мають потребу в капітальному ремонті, реконструкції й заміні. Електроустаткування підстанцій напругою 6-35 кВ відробило понад декілька термінів служби, заявлених нормативними документами.

Прямим наслідком такого технічного стану електромереж 0,4-35 кВ є вкрай високі показники аварійних відключень ліній електропередачі й електроустаткування, а також середньої тривалості відключення одного споживача (SAIDI) і кількості відключень одного споживача (SAIFI).

Отже, можна зробити висновки про необхідність проведення робіт з розвитку електричних мереж 0,4-35 кВ із обов'язковим застосуванням передових світових і вітчизняних наробітків в області електроустаткування й нових підходів до побудови схем електропостачання споживачів на цих класах напруги.

Найбільш ефективним заходом щодо підвищення надійності електропостачання споживачів у мережах 0,4 кВ є прокладка ПЛ самонесучим ізольованим проведенням (СІП). Надійна ізоляція СІП дозволяє спільно підвішувати на одних опорах струмоведучі проведення різної напруги. З'являється можливість монтувати ЛЕП з використанням будов для економії на будівництві опор і звільнення місця на тротуарах. Крім того, частота відмов СІП значно нижче в порівнянні з неізольованими проводами. Ще одна перевага – зниження втрат електроенергії, пов'язаних з бездоговірним і безобліковим електроспоживанням за рахунок ускладнення несанкціонованого приєднання до мережі, виконаної СІП.

Аналітичні дослідження щодо підвищення ефективності розподільних електричних мереж показали, що електричні мережі класом напруги 35 кВ мають значно вищі основні техніко-економічні показники, чим електромережі класом напруги 6-10 кВ і є досить могутньо розвиненим сегментом у цілісній системі розподілу й перетворення електроенергії споживачами.

Положення Технічної політики в розподільних електричних мережах Міненерговугілля України щодо необхідності при проектуванні нових і реконструкції існуючих об'єктів переходити на більш високий ступінь номінальної напруги (з 6-10 кВ на 20-35 кВ), а також досить високі технічні й конструктивні характеристики електроустаткування, засобів релейного захисту й противарійної автоматики на класи напруги 6-10 і 35 кВ дають повне право на початок перегляду підходів до побудови схем електропостачання споживачів, передача й розподіл електроенергії яким здійснюється електричними мережами напругою 0,4-35 кВ.

Широкомасштабна реалізація проекту по реновації й розвитку розподільних електричних мереж має потребу в серйозних наукових дослідженнях і проектних рішеннях, створенні методичних нормативних документів щодо впровадження нових підходів до побудови електричних мереж 0,4-35 кВ, залученні значних матеріальних і людських ресурсів і, як наслідок, фінансових інвестицій.

## **ЕНЕРГОАУДИТ СИСТЕМ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ**

**Ткаченко В.С.**

*Науковий керівник – Волкова О.Ю., канд. техн. наук, доцент*

Надійність та якість штучного освітлення є запорукою безпечного пересування людини і автотранспорту по вулицях та автошляхах міст. Актуальним є дослідження системи зовнішнього освітлення в цілому, з подальшим аналізом її стану та рекомендаціями щодо проектування і експлуатації світлоточок. Для оцінки ефективності системи зовнішнього освітлення необхідно враховувати такі фактори як: освітленість, частота відмов та термін служби освітлювальної установки. Ефективність ОУ зовнішнього освітлення визначається насамперед вартістю світлової енергії, яка генерується за час роботи цієї установки та значною мірою залежить від вартості електроенергії. Зрозуміло, що зниження витрат електроенергії на освітлення не повинно досягатися за рахунок зниження нормованих значень освітленості шляхом відключення частини СП, що призводить до погіршення умов видимості на автошляхах та вулицях міст, в результаті чого збитки можуть значно перевищувати вартість зекономленої електроенергії. Для досягнення енергоефективного освітлення необхідно формування світлотехнічного ринку та проводити енергоаудит систем зовнішнього освітлення вулиць та магістралей міст, який включає в себе наступне:

- Обстеження світлотехнічного ринку;
- Стандартизація та сертифікація світлотехнічної продукції;

- Проведення інформаційної політики для підвищення рівня використання енергоекономічних та ефективних ОУ.

Увага за проведенням енергетичних досліджень (моніторингу) буде давати чіткі уявлення про енергоспоживання та змінах в системах зовнішнього освітлення. Необхідно вести облік не тільки світлотехнічних, але і енергетичних параметрів, даючи інформацію про стан лінії освітлення в цілому. Підвищення економічності та надійності пов'язано не тільки з використанням енергоекономічних та ефективних джерел світла, але і зі зменшенням невиробничих втрат потужності та подовження терміну служби світлоточок. Реалізувати обстеження та контроль за станом ЗО можливо завдяки систематизації та обробці даних за світлотехнічними та електротехнічними параметрами для отримання об'єктивної оцінки стану систем зовнішнього освітлення. Саме такий підхід дасть кількісну уяву про економічні витрати в системах ЗО.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМИ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ**

*Лаврова Ю.І.*

*Науковий керівник – Волкова О.Ю., канд. техн. наук, доцент*

Якість зовнішнього освітлення це можливість виконувати функції, які виявляються умовами властивостей освітлення зазначеним нормам. Показниками якості є також техніко-економічні показники системи, які характеризують ефективність складових системи для виконання поставленої задачі. Для підвищення якості освітлення необхідно забезпечити надійність та довговічність існуючих джерел світла з урахуванням всіх економічних та технічних вимог.

Енергетична стратегія Європи сьогодні націлена на сталий розвиток конкурентоспроможності та надійності енергоспоживання. Одним із рішень по забезпеченню ефективним та недорогим освітленням є впровадження світильників на основі світлодіодів у поєднанні із відновлюваними джерелами енергії. Важливими аспектами якісного освітлення вважаються енергоефективність, індивідуальне управління освітленням та якість світла. В багатьох Європейських країнах впроваджують заходи щодо енергозбереження. Так визначається низка понять таких, як енергетична ефективність та пропонуються заходи з її реалізації. Метою таких заходів є створення правових, економічних та організаційних умов стимуляції енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності. Тому ефективною ОУ слід вважати таку установку, яка створює високоякісне освітлення та зберігає свої характери-

стики на протязі довготривалої роботи при найменших капітальних та експлуатаційних витратах, у тому числі, при мінімальному енергоспоживанні. Тому сьогодні можливим варіантом рішення проблеми підвищення ефективності та економічності існуючого освітлювального устаткування розглядається додаткова комплектація стандартних ПРА відносно недорогими та нескладними електронними схемами. Поряд з тим важливе значення має енергозберігаючі технології та способи освітлення, а також сучасні методи та режими роботи і експлуатації ОУ зовнішнього освітлення. Впровадження новітніх прогресивних джерел світла, застосування світлових приладів з високим коефіцієнтом корисної дії та раціональних схем освітлення дозволяють в багатьох випадках підвищити ефективність електроосвітлювальних установок, оптимізувати освітленість робочих поверхонь та досягти реальної економії електроенергії.

## **ПОШУК ОПТИМАЛЬНОГО РЕЗЕРВУ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ**

**Гуртова Г.В.**

*Науковий керівник – Рожков П.П., канд. техн. наук, доцент*

В останні роки електроенергетична система України зазнала негативних структурних змін, значно звузилася її ресурсна база. Ці обставини суттєво вплинули на надійність електропостачання споживачів України. Актуальним стало питання визначення резерву потужності, що генерується, електричними станціями.

Збільшення резерву приводить до підвищення надійності електропостачання споживача, але це пов'язане з додатковими капіталовкладеннями. Як критерій оптимальності в економічних розрахунках, як правило, приймається мінімум наведених витрат. Якщо складові витрат мають імовірнісний характер, то даний критерій перетвориться в мінімум математичного очікування приведених витрат.

Оптимальний резерв потужності має імовірнісний характер і полягає у відшуванні такого резерву  $R$ , що мінімізує математичного очікування приведених витрат

$$\min \{ \bar{B}(R) = E_n K(R) + B_{\text{експл}}(R) + \bar{Z}(R) \}$$

де  $\bar{B}(R)$  - приведені витрати;

$K(R)$  - капітальні вкладення;

$B_{\text{експл}}(R)$  - експлуатаційні витрати;

$\bar{Z}(R)$  - збиток від недопостачання електричної енергії.

У спрощеній постановці можна прийняти лінійну залежність капіталовкладень і щорічних витрат від  $R$ .

Пошук оптимального значення  $R_{\text{опт}}$  складається у вирішенні рівняння

$$\frac{d}{dR} \bar{B}(R) = 0,$$

яке дозволяє визначити імовірність дефіциту потужності  $J_{\text{опт}}$ .

Інтегральна ймовірність  $J_{\text{опт}}$  пропорційна питомим капіталовкладенням й обернено пропорційна питомому збитку.

Для визначення оптимального резерву потужності необхідно знати функцію розподілу небалансу потужності, що є предметом подальших досліджень.

## **ДО ПИТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ НАСОСІВ ДЛЯ ПІДКАЧКИ ВОДИ НА ВЕРХНІ ПОВЕРХИ ВИСОТНИХ БУДИНКІВ**

*Положенцев К.О.*

*Науковий керівник – Ковальова Ю.В., канд. техн. наук, асистент*

Асинхронні електроприводи насосів для підкачки води на верхні поверхи висотних будинків у масштабах країни мають значні потенціальні можливості для зменшення витрат електроенергії з врахуванням їх роботи у тривалих режимах. Тому пошук варіантів підвищення їх енергоефективності є актуальною задачею.

Проведені дослідження показали, що одним зі шляхів зменшення витрат електроенергії асинхронних електроприводів центробіжних насосів з врахуванням їх роботи в тривалих режимах є регульований електропривід.

Одним з варіантів модернізації існуючої схеми асинхронного електропривода центробіжного насоса пропонується використовувати однофазний тиристорний регулятор напруги статора (ТПН) (рис. 1).

Схема містить контактор КМ, кнопки SB1 і SB2 «Стоп» и «Пуск», контакт програмного реле часу SQ, тумблер SA, який включає двигун режим ручного і автоматичного управління електроприводом. В автоматичному режимі управління електроприводом здійснюється від контактів програмного реле часу, яке упродовж доби включає та вимикає електропривід.

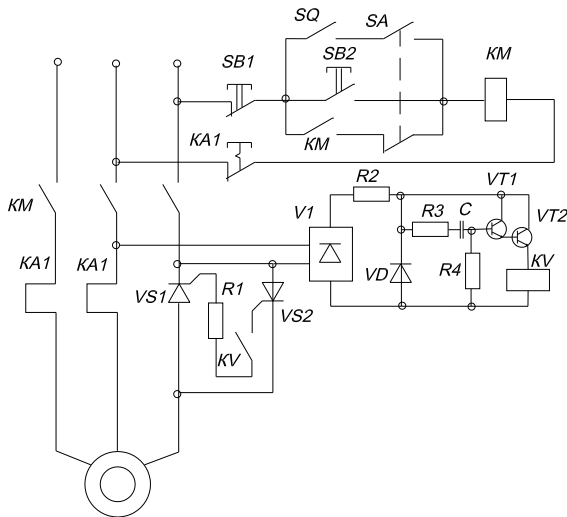


Рисунок 1 – Схема асинхронного електропривода з однофазним ТПН

При однофазному ТПН крім регулювання напруги в одній фазі, можливо відключення цієї фази у сталому режимі асинхронного двигуна. Механічні характеристики двигуна при відключеній фазі представлені на рис. 2, з якого слідує, що двигун продовжує обертатися, несуттєво знизивши швидкість.

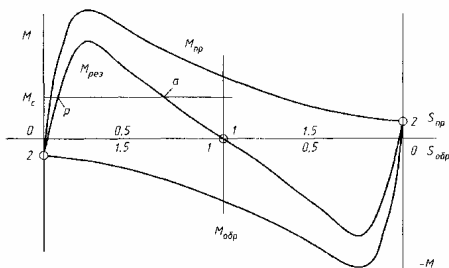


Рисунок 2 – Механічні характеристики асинхронного двигуна в однофазному режимі:  $M_{пр}$  – від поля прямої послідовності;  $M_{обр}$  – від поля зворотної послідовності;  $M_{рез}$  – результуюча

Необхідно відмітити, що, після зупинки двигуна з відключеною фазою, запустити його в хід включенням в мережу неможливо, оскільки пусковий момент в цьому режимі рівний нулю (рис. 2). Тому у схемі передбачено запуск двигуна в трьохфазному режимі з наступним



відключенням фази наступним чином. Після замикання контактів контактора КМ спрацьовує реле КV, контакт якого замикає коло управління тиристорів. Після закінчення заряду конденсатора С реле КV відключається і його контакт відключає тиристор переводячи двигун в двофазний режим. Схема складового транзистора використана з метою зменшення ємності конденсатора за рахунок зменшення струму заряду.

При двофазному режимі асинхронний двигун продовжує обертатися зі швидкістю близькою до номінальної. При цьому фазний струм в одній фазі рівний нулю і знижується споживання електроенергії. Необхідно відмітити, що насоси мають, так звану, вентиляторну характеристику навантаження, що дуже добре корелюється з регульовальною характеристикою при ТПН, так як при зменшенні напруги статора з метою зменшення швидкості двигуна зменшується його механічне навантаження зі сторони насоса. Завдяки вентиляторній характеристиці насоса двигун працює з усталеною швидкістю, у тому числі і на падаючій ділянці регульовальної характеристики без використання датчиків зворотнього зв'язку за швидкістю. Це пояснюється тим, що механічне навантаження на вал двигуна зі сторони насоса плавно зменшується зі зменшенням швидкості двигуна.

Запропонована схема для модернізації асинхронних електроприводів насосів підкачки води на верхні поверхи висотних будинків. Схема використовує однофазний тиристорний регулятор, який крім регулювання напруги може відключати фазу і переводити двигун в двофазний режим. При цьому знижується споживання електроенергії.

## **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ХНУМГ ім. О.М. БЕКЕТОВА**

***Капуза М.В.***

*Науковий керівник – Бородин Д.В., ст. викладач*

Оптимізація електроспоживання є однією з важливих умов автоматизованого моніторингу електроспоживання з наступним науковим аналізом його результатів

Предметом дослідження в даній роботі є характеристики електроспоживання гуртожитків ХНУМГ ім. О.М. Бекетова.

В Харківському національному університеті міського господарства ім. О.М. Бекетова облік електроспоживання до 2016 року здійснювався з використанням індукційних лічильників, дані обліку зчитувались вручну, оперативний моніторинг був неможливий. У 2015-2016 роках було спроектовано та впроваджено автоматизовану систе-

му обліку електричної енергії (АСОЕ) в гуртожитках університету. 10 червня 2016 року АСОЕ введено в експлуатацію.

В якості лічильників використовуються цифрові багатотарифні прилади обліку НіК 2103L АРК1Т і АРП1Т класу точності 1,0 прямого та комбінованого включення. Лічильники дозволяють вимірювати активну та реактивну енергію та потужність, напруги, струми по фазах, фазові зсуви, частоту, коефіцієнти потужності, вести журнал подій [1]. Лічильники обладнані оптопортами та цифровими інтерфейсами ЕІА485 для підключення до мережі збору даних.

Структура (рис.1) системи включає:

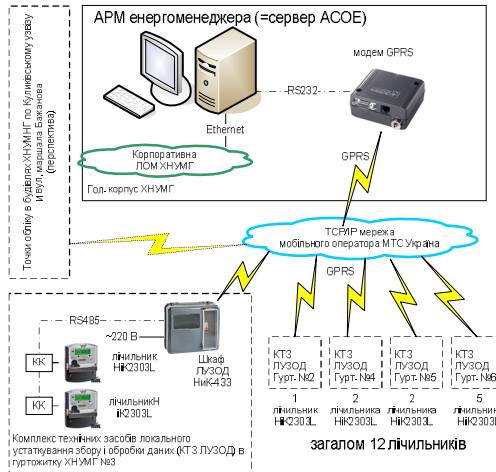


Рисунок 1 — Структурна схема автоматизованої системи

- верхній рівень, що складається з автоматизованого робочого місця (АРМ) енергоменеджера та модему;
- нижній рівень (ЛУЗОД), що складається з лічильників електроенергії та шаф зв'язку на об'єктах обліку;
- канали зв'язку на базі технології пакетного радіозв'язку (GPRS) мобільного оператора МТС Україна, що дозволяють використовувати стек протоколів TCP/IP для оперативного опитування лічильників.

Первинними даними обліку є профілі навантаження та показання лічильників на початок доби. Обробка цих даних за допомогою MS Excel дозволяє розраховувати та аналізувати активне та реактивне споживання як у часових так і у структурних розрізах. Наприклад на рисунку 2 наведені дані сумарного по всіх гуртожитках тижневого споживання майже за рік експлуатації. Реактивне споживання складає

39,98% від активного, сезонні коливання реактивного навантаження менш виражені, ніж у активного навантаження.

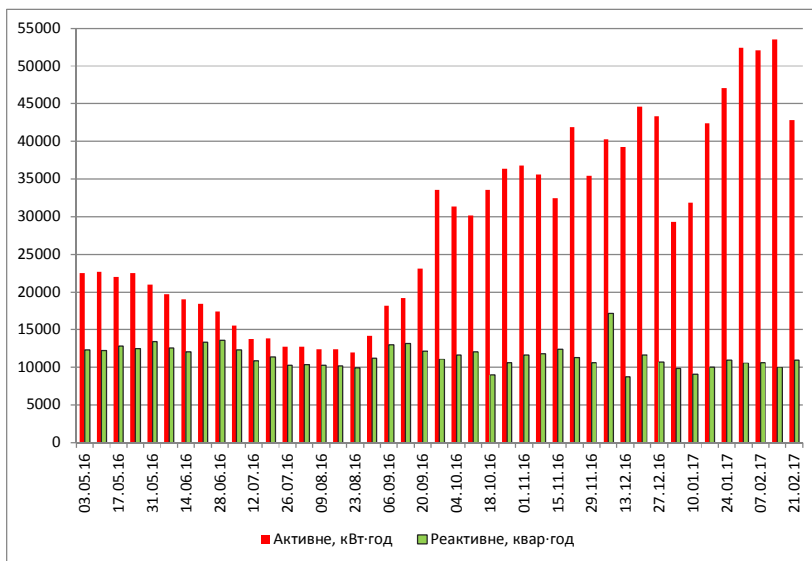


Рисунок 2 — Тижневий графік споживання активної та реактивної електроенергії

Аналіз споживання по зонах доби дає наступне: в середньому за півроки доля нічного споживання електроенергії складає  $D_{ніч} = 30,5\%$ , що при нічному коефіцієнті  $K_{ніч} = 0,5$  дає економію грошей  $E = D_{ніч} * K_{ніч} = 30,5 * 0,5 = 15,25\%$  від щомісячної вартості електроенергії за умовами 1-тарифного обліку.

1. Лічильники електричної енергії hik23031...е. Постанова з експлуатації. Лічильники електричної енергії багато тарифні ААШХ.411152.012 HE(13U5). – Компанія «НіК Електроніка». – Київ, 2015. – 51 с.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ СХЕМИ ОСЛАБЛЕННЯ ПОЛЯ РУХОМОГО СКЛАДУ З ДВИГУНАМИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

**Троцька В.С.**

Науковий керівник – **Андрійченко В.П., канд. техн. наук, доцент**

Міський пасажирський електричний транспорт – трамвай і тролейбус – отримав широкий розвиток и міцно увійшов у побут мешканців наших міст, ним користуються мільйони працюючих.

Одним з основних техніко-економічних показників роботи міського електротранспорту є швидкість руху. Кожен відсоток збільшення експлуатаційної швидкості за даними Академії комунального господарства дає близько 0,6% зниження собівартості пасажироперевезень, не враховуючи допоміжних вигод, які получують пасажир.

Важливим заходом, що сприяє значному збільшенню швидкості руху на міському електротранспорті за рахунок більш повного використання потужності тягових електродвигунів, є застосування ослаблення поля двигунів.

Мета роботи: запропонувати варіант схеми, яка найбільше ефективна; розроблено ряд організаційних заходів щодо охорони праці.

Застосування ослаблення поля, крім того, дає можливість отримання додаткових економічних ступенів регулювання швидкості, що особливо важливо в умовах інтенсивного вуличного руху, а при певних умовах приводить також до зниження затрат електроенергії на рух.

В даній роботі проведено аналіз способів ослаблення поля та характеристик двигунів постійного струму; проведено аналіз способів регулювання частоти обертання двигунів, запропоновано спосіб ослаблення поля за допомогою DC-DC перетворювача. Запропоновано варіант схеми, яка найбільше ефективна; розроблено ряд організаційних заходів щодо охорони праці.

Дана досить широка оцінка способів ослаблення поля тягових електродвигунів, вдосконалена схема ослаблення поля за допомогою DC-DC перетворювача, яка дозволить економити електроенергію та витратити енергію в корисних цілях.

На рисунку наведена схема пристрою, що ілюструє заявлений спосіб ослаблення поля.

Схема містить два електродвигуни послідовного збудження 1, 2 з обмотками збудження 3, 4, включені паралельно, два DC/DC перетворювача 5, 6, акумуляторну батарею 7 та ланцюги власних потреб 8.

Схема працює таким чином. В режимі ослабленого поля струм протікає через вхід DC/DC перетворювача 5 від виводу 9 до виводу 10, чим забезпечується ослаблення поля електродвигуна 1. На виході DC/DC перетворювача 5 також протікає струм від виводу 11 через обмотку збудження 3 до виводу 12, що призводить до розмагнічення електродвигуна 2 і роботи його в режимі ослабленого поля. Для забезпечення рівності струмів в обмотках збудження 3 та 4 вмикається DC/DC перетворювач 6, який забезпечує протікання струму через вхід від виводу 13 до виводу 14 та надходження енергії до акумуляторної батареї 7 та ланцюгів власних потреб 8 з виводів 15, 16.

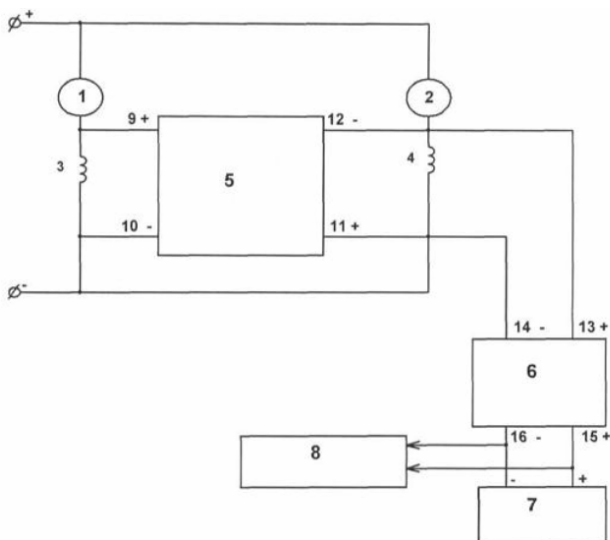


Рисунок 1 – Спосіб ослаблення поля тягових електродвигунів послідовного збудження за допомогою DC/DC перетворювача шляхом шунтування

Таким чином, запропонований спосіб забезпечує ослаблення поля електродвигунів послідовного збудження та зарядку акумуляторної батареї, що дозволяє зменшити втрати електроенергії при експлуатації міського електричного транспорту.

## ДІАГНОСТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ЛІФТІВ

*Доценко М.Ю., Фурсов В.В.*

*Науковий керівник – Бабічева О.Ф., канд. техн. наук, доцент*

При побудові систем керування ліфтами часто постають питання, яким чином здійснюється діагностика несправностей і настройка ліфта.

Діагностика ліфтів проводиться у тому випадку, коли виникає складність у визначенні причини несправності ліфтового устаткування, а також після закінчення нормативного терміну служби ліфта, з метою подальшого визначення можливої його експлуатації. Діагностика включає огляд, перевірку, випробування, комп'ютерне дослідження, а також обстеження металокаркасної шахти ліфта із застосуванням неруйнівних методів контролю – візуально вимірювальний, магнітний, ультразвуковий, капілярний та інші методи. Перевірки, в даному випадку, піддаються наступні елементи: привод ліфта; гідропривод (герме-

тичність гідросистеми і спрацьовування запобіжного клапана) у гідравлічного ліфта; система керування; обладнання дверей шахти і кабіни ліфта; робочі вимикачі; пристрої і вимикачі безпеки; сигналізація, система диспетчерського контролю; освітлення.

Оскільки всі системи керування ліфтів створюються на базі локальних САР, то розробка таких пристроїв завжди складає основу вирішення питання автоматизації технологічних об'єктів або удосконалення існуючої системи автоматичного керування ТО.

Метою даної роботи є розробка систем діагностики компонентів джерела живлення і найбільше важких пристроїв електромеханічного обладнання ліфтів. В роботі моделювались найбільш характерні несправності блоків та вузлів ліфтового обладнання. Розглядались критичні умови експлуатації, режими аварійного відключення, умови, коли реалізуються блокування та зупинка пристроїв в ненормованих умовах.

Для проведення діагностичних операцій при кожному технічному обстеженні ліфта запропоновано використовувати спеціальне програмне забезпечення, мобільні комп'ютери для наладки та діагностики ліфтів, засоби комунікацій через інтерфейс RS-232.

Вимірювальний комплекс для реалізації діагностики містить наступне обладнання. Портативний комп'ютер, аналогово-цифровий перетворювач, датчики струму, наприклад гнучкі струмовимірювальні кліщі та ін. На діючих стендах розглядались амплітудно-частотні характеристики за допустимими відхиленнями від лінійності не більш  $\pm 3$  дБ, які передбачається застосовувати в діагностичних пристроях з використанням активних і пасивних селективних фільтрів.

Проведені дослідження моделей систем автоматики в середовищі програми WB дозволило: вивчити статичку процесу нагріву обладнання, запропонувати компоненти систем автоматики за каналами «повітряний потік – температура об'єкта»; вивчити математичну модель динаміки, що дозволила отримати, перехідні залежності процесу нагріву випрямляча і годографу АФХ, що підтвердив стійкість об'єктів керування; виконати розрахунки елементів джерела живлення; розробити ескізи принципових електричних схем й запропонувати заходи для вдосконалення діагностичних стендів.

## **ВПЛИВ ГАРМОНІК НА ТЕПЛОВИЙ СТАН АСИНХРОНОГО ДВИГУНА ПРИ ЖИВЛЕННІ ЙОГО ВІД ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ**

**Беліков О.М., Юрченко Е.Л.**

*Науковий керівник – Петренко О.М., канд. техн. наук, доцент*

У зв'язку з постійним зростанням цін на енергетичні ресурси зростає їх питома вага в собівартості продукції. На сьогоднішній день питома вага становить 30-50%, що в кілька разів перевищує аналогічні показники закордонних фірм і призводить до не конкурентоспроможності продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках. Високий рівень залежності вітчизняної економіки від зовнішніх джерел енергетичних ресурсів і постійне зростання їх цін зумовлюють актуальність проблеми енергозбереження.

Основним споживачем (близько 60%) вироблюваної електроенергії є електричні двигуни. Серед них найбільше застосування знаходять асинхронні двигуни. Тільки в промисловості України в експлуатації знаходиться близько 6 млн. шт. асинхронних двигунів, а в цілому в Україні експлуатуються десятки мільйонів асинхронних двигунів. У зв'язку з цим навіть незначне поліпшення техніко-економічних показників електроприводів на базі асинхронних двигунів в масштабах країни дає значну економію електроенергії.

Одним з найбільш ефективних способів поліпшення техніко-економічних показників електроприводів є заміна нерегульованих електроприводів регульованими. У розвинених країнах частка регульованих електроприводів досягається 40-50% від загальної кількості. В Україні ця частка становить кілька відсотків. Характерною особливістю роботи асинхронних двигунів в складі багатьох приводів є нерівномірність навантаження, що викликається технологічними умовами виробництва. Таким чином, більшість асинхронних двигунів системи суттєво недовантажені, що призводить до значного зниження їх енергетичних показників. Радикальним заходом, що забезпечує поліпшення енергетичних показників двигунів працюючих при широкому діапазоні навантажень, є заміна нерегульованих асинхронних двигунів на регульовані.

Метою роботи є дослідження теплового стану частотно-керованих асинхронних двигунів при різних законах регулювання.

Розглянуті джерела живлення і закони регулювання частоти обертання асинхронного двигуна. Надалі основні втрати будемо називати – втрати обумовлені основною гармонікою напруги (ОГН) Розрахунок гріючих втрат при різних законах регулювання, в першому набли-

женні, проведемо, предполагаючи синусоїдальну форму напруг і струмів. Наявність додаткових втрат, зумовлених несинусоїдальності напруги живлення, врахуємо в подальшому. Основні складові гріючих втрат:  $R_{ел1}$ ,  $R_{ел2}$  – електричні втрати в обмотках статора і ротора;  $R_{маг}$  – магнітні втрати в сердечнику статора;  $R_{мех}$  – механічні втрати;  $R_{дод}$  – додаткові втрати, пов'язані з вторинними процесами в двигуні (при синусоїдальній формі напруги і струмів, згідно ГОСТ  $R_{дод} = 0,5\%$  від споживаної потужності).

Розрахунок магнітних і механічних втрат проводився для дослідного двигуна АИР160S4, виконання IP 44, IC0141. Параметри двигуна при  $U_1 = U_{1фN} = \text{const}$ ,  $f_1 = f_{1N} = \text{const}$ ,  $P_{2N} = 15\text{кВт}$ ,  $U_{1фN} = 380\text{В}$ ;  $f_{1N} = 50\text{Гц}$ ;  $2p = 4$ ;  $m_1 = 3$ ;  $r_{1115^\circ} = 1,5\text{ Ом}$ ;  $r_{2115^\circ} = 0,37\text{ Ом}$ ;  $x_{mN} = 85,2\text{ Ом}$ ;  $x_{1N} = 1,74\text{ Ом}$ ;  $x_{2N} = 3,8\text{ Ом}$ ;  $P_{ел1N} = 897\text{Вт}$ ;  $P_{ел2N} = 296\text{ Вт}$ ;  $P_{мехN} = 123\text{ Вт}$ ;  $P_{додN} = 335\text{ Вт}$ ; (з урахуванням  $K_d = 4$ );  $P_{марN} = 265\text{Вт}$ ;  $I_{0N\%} = 25\%$ .

Результати розрахунку в Вт представлені в таблиці 1 (регулювання «вниз» та таблиці 2 (регулювання «вгору»).

Визначення електричних втрат в обмотках статора і ротора асинхронного двигуна можливо на основі його електромеханічних характеристик. Останні можуть бути отримані за допомогою Г-подібної схеми заміщення.

Таблиця 1 – Значення магнітних і механічних втрат при регулюванні «вниз»

Втрати	$\alpha$ , в.о					
	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
$P_{маг\alpha}; \gamma = \alpha$	265	226	190	155	123	94
$P_{маг\alpha}; \gamma = \alpha^2$	265	183	121	76	44	23
$P_{меха}; \gamma = \alpha; \gamma = \alpha^2$	123	100	79	60	44	31

Таблиця 2 – Значення магнітних і механічних втрат при регулюванні «вгору»

Втрати	$\alpha$ , в.о					
	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$P_{маг\alpha}; \gamma = \sqrt{\alpha}$	265	278	290	302	313	324
$P_{маг\alpha}; \gamma = 1, P_2 = \text{const}$	265	253	242	232	224	216
$P_{меха}; \gamma = \sqrt{\alpha}; \gamma = 1, P_2 = \text{const}$	123	149	177	208	241	276

Для визначення теплового стану двигуна використовується метод еквівалентних теплових схем (ЕТС), яка розвинута до 16 вузлів. На базі ЕТС складені диференційні рівняння теплового балансу для всіх вузлів. Диференційні рівняння всіх вузлів утворюють систему рівнянь, які складають математичну модель. Математична модель вирішува-



лась за допомогою універсального гібридного методу Адамса-BDF, що дало можливість визначити значення теплоємностей і температур вузлів асинхронного частотно-керованого двигуна.

При роботі частотно-керованого асинхронного двигуна від перетворювача частоти типу НПЧ і АІН із ступінчастою формою вихідної напруги виникають всі складові основних втрат, додаткові електричні втрати в обмотках статора і ротора та додаткові втрати в осередках статора і ротора.

Дослідження температурного поля двигуна за допомогою математичної моделі теплового стану дозволило установити:

- виникнення додаткових втрат від вищих гармонік струму і магнітного потоку, зміну величини і співвідношення між потужностями тепловиділення вузлів ЕТС;

- додаткові магнітні втрати  $P_{\text{магд}}$  складають 6% від основних магнітних втрат.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ДВИГУНА НА ПОСТІЙНИХ МАГНІТАХ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ОСЕРДЯ СТАТОРА БАЗОВОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА**

***Панасенко К.С., Семенов С.Г.***

*Науковий керівник – Петренко О.М., канд. техн. наук, доцент*

В наші дні асинхронні двигуни (АД) масово використовуються в електроприводі ліфтових лебідок, насосних та вентиляційних установках та ін. Однак, в деяких електроприводах спостерігається тенденція заміни АД синхронними двигунами з постійними магнітами (СДПМ). Це пояснюється тим, що СДПМ, дозволяють зменшити втрати в електричній машині, порівняно з асинхронними двигунами, тобто мають більший ККД.

При однакових значеннях номінальної потужності габаритні розміри СДПМ будуть менше, ніж у АД. Зазначена тенденція має практичне обґрунтування у світлі світового тренду – енергозбереження.

Методики проектування СДПМ широко відомі і проблем, пов'язаних зі створенням таких двигунів, не повинно виникати. Однак, споживачі не бажають вносити зміни в габарити існуючих установок, і виробники їх тільки підтримують в цьому. Тому було знайдено рішення, яке вже застосовувалося в машинах постійного струму: використовувати для СДПМ корпус і сердечник статора існуючого АД. Таким чином, можна залишити габарити двигуна незмінними і поліпшити його енергетичні показники і характеристики.

Метою роботи є розробка методики розрахунку СДПМ, з використанням сердечника статора від АД такої ж потужності, як і СДПМ. Проведення порівняльного аналізу електромеханічних характеристик спроектованого двигуна з характеристиками базового асинхронного двигуна.

В якості вихідних були використані методики проектування та наукові роботи. Розрахунок синхронного двигуна виконується з припущення, що відомі геометричні розміри статора і його зубцевої зони. Також невід'ємною частиною методики проектування ставати визначення електромеханічних характеристик.

Номінальна напруга, режим роботи та номінальна частота обертання визначаються технічними умовами на двигун.

Завдання полягає у визначенні електромагнітних навантажень СДПМ, розрахунку обмотувальних даних і знаходженні проектної потужності.

Проектна потужність двигуна  $P_N$  визначається статичним моментом на валу  $M_N$  і номінальною частотою обертання  $n_N$ .

По рекомендаціям, попередньо приймаємо ККД  $\eta_N$  і коефіцієнт потужності  $\cos\varphi_N$ .

Визначаємо коефіцієнт режиму роботи  $k_{dm}$ , який враховує коефіцієнт перевищення температури  $k_t$ , коефіцієнт режиму тривалості включення ПВ  $k_{pv}$ , коефіцієнт запасу  $k_s$  для механізмів підйому і переміщення, а також коефіцієнта  $k_r$  – враховує наявність релейно-контакторної системи керування:

Визначаємо коефіцієнт режиму роботи  $k_{dm}$ , який враховує коефіцієнт перевищення температури  $k_t$ , коефіцієнт режиму тривалості включення ПВ  $k_{pv}$ , коефіцієнт запасу  $k_s$  для механізмів підйому і переміщення, а також коефіцієнта  $k_r$  – враховує наявність релейно-контакторної системи керування:

$$k_{dm} = \frac{k_r}{k_t \cdot k_{pv} \cdot k_s}. \quad (1)$$

На підставі отриманих даних розраховуємо номінальний струм у фазі двигуна

$$I_N = \frac{P_N \cdot k_{dm}}{m \cdot U_{Nf} \cdot \eta_N \cdot \cos\varphi_N}, \quad (2)$$

де  $U_{Nf}$  – номінальна фазна напруга;

$m$  – число фаз.

Попередньо приймаємо величину магнітної індукції в повітряно-му зазорі  $B_\delta$  і знаходимо магнітний потік

$$\Phi_{\delta} = \frac{2B_{\delta}DL_{\delta}}{p}, \quad (3)$$

де  $D$  – внутрішній діаметр статора;

$L_{\delta}$  – довжина пакета статора;

$p$  – число пар полюсів.

Знайдене з (3) значення магнітного потоку в повітряному зазорі машини дозволяє визначити кількість витків у фазі обмотки статора

$$W = \frac{k_e U_N}{4.44 \cdot k_w \cdot f_N \cdot \Phi_{\delta}}, \quad (4)$$

де  $k_e$  – коефіцієнт зменшення ЕРС;

$k_w$  – попереднє значення обмотувального коефіцієнта;

$f_N$  – частота живлячої напруги  $U_N$  при номінальній швидкості.

Далі знаходимо число провідників в пазу при числі паралельних гілок  $a$  і числі пазів на полюс і фазу  $q$ , які можуть бути прийняті в першому наближенні як у базовому асинхронному двигуні:

$$N_p = \frac{W \cdot a}{q \cdot p}. \quad (5)$$

Для досягнення високого значення ККД щільність струму в обмотці статора не повинна перевищувати 4 – 5 А/мм<sup>2</sup>.

За відомою величиною номінального струму, яка знайдена за (2), і заданої щільності струму, знаходиться переріз провідника обмотки. В якості контролю правильності вибору обмотувальних даних виконується оцінка величини лінійної навантаження

$$A = \frac{Z \cdot N_p \cdot I_N}{\pi D \cdot a}. \quad (6)$$

Проводимо перевірку показників лінійного навантаження, значення якого в промислових СДПМ не повинно перевищувати 30000 А/м.

Розрахунок СДПМ виконувався в програмі Ansys RMXprt. Початкові геометричні розміри, обмотувальні дані і величина напруги живлення автоматично налаштовуються в модулі оптимізації Optimetrics з критерієм оптимальності – максимальний ККД.

Розрахунки виконувались при умові сталості частоти обертання, що забезпечується системою управління. Критерієм правильності розрахунку СДПМ є отримання, при підтримуванні системою керування номінальної частоти обертання та потужності на валу, рівній свого номінального значення. Спроектований СДПМ задовольняє всім контрольним критеріям.

*Висновки.* Розроблена методика проектування СДПМ, заснована на попередніх роботах, що використовує в якості вихідних (заданих) даних геометрію сердечника статора і враховує електромеханічні характеристики в якості одного з критеріїв ефективності двигуна.

СДПМ показав більш високий ККД і перевантажувальну здатність, ніж базовий ПЕКЛЮ в тому ж конструктивному виконанні, що підтверджує доцільність модернізації існуючого парку АД в СДПМ для систем електроприводу народного господарства – від ліфтових лебідок до міського транспорту.

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ РЕОСТАТНОГО ПУСКУ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВАГОНА МЕТРО СЕРІЇ ЕжЗ**

*Суржук О.О., Швець О.М.*

*Науковий керівник – Донець О.В., канд. техн. наук, доцент*

Втрата електроенергії на тягу при імпульсному безреостатному пуску й рекуперативно-реостатному гальмуванні тягових машин складається із втрат: на тягових підстанціях і в контактній мережі, у тиристорних перетворювачах, зубчастих передачах, на подолання основного опору руху.

На тягових підстанціях метрополітену встановлюють випрямні агрегати УВКМ-5М, УВКМ-6, коефіцієнт корисної дії яких при випрямленому струмі 1600-3200А становить 97,5%. З урахуванням втрат у зрівнювальних реакторах к.п.д. тягової підстанції може бути прийнятий 0,95.

Втрати в контактній мережі являють собою різницю між енергією, що надійшла від підстанції, і енергією, споживаної електропоїздом. Енергопостачання вагонів здійснюється від контактної рейки, що має площу перерізу 6600 мм<sup>2</sup> і питомий опір 0,122- 0,134 Ом ·мм<sup>2</sup>/м

Повний опір тягової мережі являють собою суму опорів контактної рейки, рейкової колії, що живлять і відсмоктують кабелів. Втрати потужності в тяговій мережі:

$$\Delta P_{\text{тс}} = \sum_{1}^n I_{\text{пi}} \cdot R_{\text{тс}} \quad (1)$$

де  $I_{\text{пi}}$  – пусковий струм тягових машин, А;

$R_{\text{тс}}$  – опір тягової мережі, Ом.

Середній к.к.д. тягової мережі метрополітену при напрузі 825В становить 0,92-0,94.

Втрати в тягових машинах складаються із втрат: електричних, у сталі, механічних і додаткових. Як відомо, електричні втрати в обмотках тягової машини:

$$\Delta P_{\text{э}} = k \frac{U_{\text{п}}^2}{U_{\text{ов}}^2} r_{\text{дв}} \quad (2)$$

Додаткові втрати для машин постійного струму при номінальному навантаженні приймають при відсутності компенсаційної обмотки рівними 1% підведеної потужності. Для інших навантажень ці втрати перераховують пропорційно квадрату струму навантаження. У машинах постійного струму потужність до 500кВт механічні втрати становлять відповідно близько 0,2-1% номінальної потужності машини. Механічні втрати складаються із втрат: у підшипниках, на тертя щіток об колектор і вентиляційних.

Втрати в сталі складаються із втрат на гістерезис і вихрові струми.

Тому що неврахування втрат у сталі, механічних і додаткових втрат у процесі розгону до виходу на природну характеристику повного збудження здатний змінити витрата енергії на тягу не більше ніж на 3% (при реально очікуваних технічних швидкостях), а їхній наближений облік у цьому діапазоні швидкостей не може дати відчутних погіршень, припустимо враховувати залежність втрат у сталі й механічних втратах від швидкості руху квадратичною параболою.

При використанні для пуску тягових машин імпульсного регулятора напруги із силового кола вагона пускові резистори виключаються. Однак це не означає, що втрати при пуску зменшилися на значення втрат у пускових резисторах. Тиристорно-імпульсний регулятор не є ідеальним перетворювачем, що не має втрат. В елементах перетворювача (тиристорах, діодах, конденсаторах, реакторах) у процесі їхньої роботи виділяється енергія, що перетворюється в цих елементах у теплову. Для виключення неприпустимого нагрівання елементів перетворювача необхідно, щоб перетворювач мав гарну вентиляцію.

У розроблених для вагонів метрополітену перетворювачах число  $n$  робочих тиристорів включених послідовно, і зворотних діодів однаково, а число  $m$  паралельних вентилів вибирається таким чином, щоб середній струм через прилад не перевищував припустимого значення. У цьому випадку для спрощення розрахунків втрати в робочих тиристорів і зворотних діодів, обтічних струмом у плинні частини періоду, можна дорівняти до втрат в умовній групі напівпровідникових приладів, по яких протікає струм  $I$  протягом усього періоду. Число їх  $m$   $n$

дорівнює числу робочих тиристорів, а спадання напруги  $\Delta U$  на приладі відповідає струму:

$$I = I_{\text{я порівн}} / m. \quad (3)$$

Падіння напруги на тиристорах ТЛ200, ТЛ171-320, ТБ200, що працюють із припустимими значеннями струмів при навколишньому охолодженні,  $\Delta U \approx 0,8\text{В}$  і незначно відрізняється від спадання напруги на діодах, які працюють із тими ж струмами.

Втрати енергії в напівпровідникових елементах перетворювача за час пуску  $t_{\text{п}}$  вагона:

$$\Delta A_{\text{в}} = k_{\text{д}} n \Delta U I_{\text{я порівн}} t_{\text{п}}, \quad (4)$$

де  $k_{\text{д}}$  — коефіцієнт, що враховуються комутаційні втрати.

Втрати в інших елементах перетворювача визначаються в такий спосіб. Резистори, шунтувальні послідовно включені напівпровідникові прилади. Використовуються для забезпечення рівномірного розподілу напруги між цими вентилями й обтикаються струмом у моменти часу, коли напівпровідникові прилади не проводять струму.

## МОДЕЛЮВАННЯ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ ВУЗЛІВ І ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Щеглова А., Леонова І.В.*

*Науковий керівник – Скуріхін В.І., канд. техн. наук, асистент*

*Вступ.* Нарівні з традиційними методами проектування деталей машин і механізмів, що враховують функціональність деталі, її технологічність, міцність, надійність та економічну доцільність, на передній план виходять такі показники, як терміни розробки і впровадження, мінімалізація часу на експериментальне дослідження та ін. Виріб має відрізнятись не тільки високою якістю, але і максимально скороченим часом проектування і мінімальними витратами на виготовлення. З цієї та деяких інших причин, комп'ютерне моделювання і використання чисельних експериментів з допомогою ЕОМ стають все більш популярними.

*Мета.* Розробляється методика розрахунку зношування поверхонь тертя вузлів і деталей машин за допомогою метода кінцевих елементів

*Методи розрахунків. Алгоритм застосування.* За допомогою чисельних експериментів (наприклад, методом кінцевих елементів) вже вдається з достатньою точністю моделювати багато фізичних явищ, які відбуваються з виробом на всьому протязі його служби. Тим не менше, частина важливих механічних процесів не має свого відображення в сучасному наборі інструментів інженера-конструктора. Одним з таких

процесів може вважатися зношування вузлів тертя деталей машин, облік абразії, ерозії і кавітації.

Метод розрахунку, що застосовується в проєктованому модулі, заснований на оригінальних розробках авторів спільно з науковцями кафедри «Електричного транспорту». Цей метод дозволяє скасувати необхідність постійного перерахунку контактної взаємодії на кожному часовому кроці, що істотно економить машинний час. Також є можливість прогнозування розвитку зношування на основі раніше отриманих рішень в скінченно-елементній постановці.

В основі методу лежить поняття ізносного кінцевого елемента. Це двовірний елемент з певними функціями форми, що описує зміна поверхні (за рахунок переміщення в вузлах) під дією зовнішніх факторів (контактна взаємодія, вплив середовища, вплив випадкових пошкоджуючих факторів тощо). Серед інших властивостей елемента виділяється зносостійкість при абразії, ерозії, багатоцикловому втомному руйнуванні.

Алгоритм застосуємо також для вирішення завдань зношування на мікрорівні (мікропідхід до зношування). Це дозволяє за допомогою комп'ютерного моделювання оцінювати зносостійкість матеріалу по зносостійкості окремих фаз матеріалу.

З достатньою часткою точності можна вважати, що пошкодження поверхні від дії різних факторів взаємoneзалежними, а результат зношування – підсумовування зносу від кожного окремого фактора.

Найбільшу кількість моделей абразивного зношування розглядають, як абразію із закріпленням абразивом (тверді виступи, нерівності або жорстко закріплені частинки рухаються по поверхні як ріжучий інструмент). Автором ведеться розробка моделі, де розглядається абразивне зношування з вільним абразивом між двома поверхнями. У цій схемі розглядається рух окремих частинок в зазорі між поверхнями і аналізується їх вплив на поверхні. Завдяки застосуванню методів теорії ймовірності та математичної статистики, досягається можливість отримання імовірнісної оцінки пошкодження поверхонь.

Дана методика дозволяє повністю відмовитися від експериментальних досліджень і натурного експерименту який представляється неможливим, їх обсяг може бути значно скорочено, що дозволяє створювати вироби в більш короткий термін і скоротити витрати на їх проєктування та виготовлення.

## **ВИПРОБУВАННЯ СТАЛЕАЛЮМІНІЄВОГО КОНТАКТНОГО ПРОВОДУ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

**Фолюшняк Д.В.**

*Науковий керівник – Скуріхін В.І., канд. техн. наук, асистент*

*Вступ.* Через високу вартість міді у всьому світі не припиняються спроби заміни мідних проводів на проводи, що виготовляються з інших матеріалів. Це ж відноситься і до контактних проводів електричного транспорту.

Спроби застосувати залізні контактні проводи не увінчалися успіхом через схильність матеріалу до корозії, погіршення якості контактної поверхні при дуговому струмозніманні, складнощі монтажу і низької провідності.

На початку 60-х років в колишньому СРСР невеликого поширення набули біметалічні сталемідні контактні проводи. Випуск був припинений через складність організації виробництва. Їх застосування дозволило б не тільки одержати економію грошових коштів і міді при спорудженні контактної мережі, але й підвищити надійність таких ліній завдяки високій термостійкості проводу, що особливо важливо з погляду попередження пережогів при коротких замиканнях в електричному рухомому складі.

*Мета роботи:* зниження собівартості та поліпшення динамічних характеристик контактного проводу шляхом використання сталеалюмінієвого контактного проводу на підприємствах міського електротранспорту.

*Матеріали та результати дослідів.* Перспективним матеріалом для контактних проводів може бути алюміній. Його незаперечними перевагами є низька вартість (майже в два рази нижче за мідь) і мала вага (1 км – 600 кг). Проте наявність такого недоліку, як нижча механічна міцність не дозволяє застосовувати алюміній в чистому вигляді для контактних проводів. На електричному транспорті необхідні зміцнюючі елементи. У Німеччині, Франції, СРСР, Польщі існує досвід застосування сталеалюмінієвих контактних проводів.

Ці проводи одержують одночасним холодним плуощенням раніше протягнутих верхній алюмінієвій і нижній сталевій частині на «ласточкином хвості» сталевого профілю. Оскільки контактною є сталева частина, сталеалюмінієвому проводу властиві відповідні недоліки.

Під дією електричної дуги на сталевій поверхні тертя утворюється дуже тверді загартовані виступи, що збільшують механічний знос струмоприймачів. Цей недолік властивий будь-якій сталі і навіть залізу



«армко». Вказаний недолік можна усунути, вилучивши сталь із зони контакту і передбачивши таку технологію виготовлення контактного проводу, коли сталевий стрижень поміщається всередину алюмінієвого контактного проводу. Така конструкція дозволяє усунути ще один недолік попередньої конструкції – корозію сталеві частини проводу.

Отже в роботі було виконано аналіз існуючих типів контактних проводів, та виявлені їх переваги та недоліки. Запропоновано більш дешевий матеріал контактного проводу, який можливо застосовувати на ділянках з низьким завантаженням міського електротранспорту, спусках та територіях депо.

## **АВТОМАТИЗОВАНІ ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ГІБРИДНИХ ТРОЛЕЙБУСІВ**

***Чубенко В.В., Мізяк О.В.***

*Науковий керівник – Шавкун В.М., канд. техн. наук, доцент*

Безперервне зростання складності конструкції рухомого складу викликає посилювання норм, допусків і технічних вимог. Наслідком цього є збільшення числа необхідних регулювань і контрольно-профілактичних операцій і в той же час числа чинників, що роблять вплив на працездатність того або іншого вузла. Зростання складності технічних пристроїв вимагає підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу і витрат часу на пошук несправностей та їх усунення.

Інтуїтивні методи і, індивідуальні професійні способи оцінки технічного стану вузла або агрегату малоефективні, часто не об'єктивні. Найбільш точну оцінку дає технічне діагностування за допомогою спеціальних пристроїв, стендів.

Актуальність дослідження полягає в необхідності впровадження та застосування сучасних засобів і методів технічного діагностування транспортних засобів, зокрема гібридних тролейбусів. Переваги тролейбусів з автономним ходом перед звичайними – додаткова економія, підвищена маневреність і можливість пересування по маршрутах, що недоступні для інших тролейбусів.

Мета роботи – обґрунтування необхідності впровадження та застосування на підприємствах міського електричного транспорту засобів та методів контролю технічного стану електрообладнання гібридних тролейбусів.

Використання засобів технічного діагностування вузлів і агрегатів рухомого складу на підприємствах міського електричного транспорту дозволить звільнити людину від одноманітної та важкої фізичної

праці, підвищити продуктивність, надійність функціонування технологічного обладнання і якість виконання технічного обслуговування.

Основна функція діагностичних засобів – вимірювання діагностичних параметрів. Розробляють методи для вимірювання діагностичних параметрів при роботі обстежуваної машини (вузла) в заздалегідь заданому режимі. Отримані результати обробляються оператором або логічним пристроєм.

В роботі обґрунтовано необхідність розробки та експлуатації гібридних тролейбусів та запропоновано сучасний засіб діагностування електрообладнання гібридних тролейбусів – комплект обладнання розподіленої системи управління (система CAN – Controller Area Network).

Доцільність практичного застосування того або іншого методу і відповідних засобів діагностики можна оцінити точністю вимірювання, технологічність операцій діагностування і економічною ефективністю впровадження.

Точність і економічна ефективність визначаються показниками надійності, а технологічність – простотою і зручністю користування методами і засобами діагностування, стабільністю їх дій і пристосованістю до конкретних умов технічної експлуатації.

Проаналізовано основні функції та завдання технічної діагностики по відношенню до електрообладнання гібридних тролейбусів. Доведено, що умови експлуатації і специфіка конструктивного виконання вузлів і агрегатів тролейбусів позначаються при побудові системи діагностики і технічної реалізації комплексу автоматизованих засобів. Дано оцінку існуючим методам та засобам контролю технічного стану електричного обладнання гібридних тролейбусів.

Встановлено, що засоби технічної діагностики, що відповідають вимогам, які пред'являються до них експлуатаційними підприємствами, дозволяють контролювати всі основні параметри, що характеризують працездатність вузла чи агрегату. Обґрунтовано необхідність розробки та експлуатації гібридних тролейбусів.

## **РОЗРОБКА АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ ТА ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЙОГО РОБОТУ**

***Шолохова В.І.***

*Науковий керівник – Павлик Т.П., д-р техн. наук, професор*

При сучасному рівні складності електричних двигунів знання основ технічного діагностування стає обов'язковим для фахівців у галузі

розробки й експлуатації електричного транспорту. Застосування методів і засобів технічного діагностування є ефективним способом забезпечення високої надійності транспортних засобів, дозволяє скоротити терміни та трудомісткість технічного обслуговування і ремонту.

Застосування нових двигунів призводить не тільки до підвищення складності засобів їх діагностування, а й до підвищення складності алгоритмів діагностування. Це потребує високої кваліфікації технічних робітників, які впоралися б із своїми задачами, маючи на озброєнні лише напівавтоматизовані й інтуїтивні методи виявлення та пошуку несправностей.

Актуальність теми обумовлена доцільністю розробки пристроїв для діагностування щоб підвищити надійність роботи асинхронних електродвигунів.

Метою роботи є підвищення експлуатаційної надійності електродвигунів на основі розробки приладів для діагностування асинхронних електродвигунів.

В даний час асинхронні електродвигуни є споживачами більше 70% всієї електроенергії в країні. Досвід експлуатації електродвигунів свідчить про велику кількість відмов, що відбуваються з причини аварійних ситуацій. Аварійність щорічно складає 25% і більше. Вихід з ладу електродвигуна завдає великої шкоди. В основному цей збиток пов'язаний з простоем технологічного обладнання або псування продукції внаслідок аварії двигуна. Додатково до збитків додається зниження електро- і пожежобезпеки, пов'язане з можливими короткими замиканнями які можуть бути присутніми в обмотці статора або ротора пошкодженого електродвигуна.

Незважаючи на розвиненість технічних засобів вимірювання вібрацій і методів їх аналізу, вібродіагностика має ряд недоліків, обумовлених контактним способом кріплення датчиків до об'єкту і необхідністю зупинки електродвигуна. У зв'язку з цим виникає необхідність в розвитку безконтактних методів діагностики асинхронних електродвигунів (АД).

Можливості ідентифікації дефектів АД, а, в ряді випадків, і підвищення чутливості діагностичних ознак до порушення нормальної роботи, можуть бути розширені при проведенні паралельних вимірювань спектрів вібрації АД при проходженні струму. У найбільш загальному випадку можуть бути присутніми ряди гармонійних складових з частотами,  $kf_{\Gamma}, 2kf_{\Gamma}, kf_{z\alpha}, kf_{zv}$  і, в залежності від наявності різних дефектів електромагнітної системи АД, з бічними складовими, відрізняються на частоти  $\pm kf_{\Gamma}, \pm 2kf_{\Gamma}, \pm kf_{z\alpha}$ . На рис. 1. наведено приклади спектри струму декількох тягових асинхронних двигунів, які перебувають

у різному технічному стані. Спектри струмів вимірювалися при роботі двигунів на стендах, мають спеціальні навантажувальні пристрої у вигляді МПТ, що працюють в генераторному режимі. Наявність в спектрах значних складових струму з частотами  $k f_{\text{гт}}$  пов'язане в першу чергу з особливістю роботи спарених АД – МПТ, пов'язаних з обмеженою точністю, через що момент навантаження може придбати залежність від кута повороту якоря МПТ.

В реальних умовах в спектрі струму через появу змінних навантажень в електроприводі АД і МПТ і приєднаному механізмі може бути набагато більше гармонійних складових різної частоти. Це дозволяє отримувати додаткову діагностичну інформацію про функціонування та стан приєданого механізму.

У роботі проаналізовано призначення та принцип дії електричних двигунів, проаналізовані несправності електродвигунів, розглянути методи діагностики електродвигунів, проаналізовано застосування безконтактних видів діагностики, розраховані основні показники надійності роботи транспортних засобів.

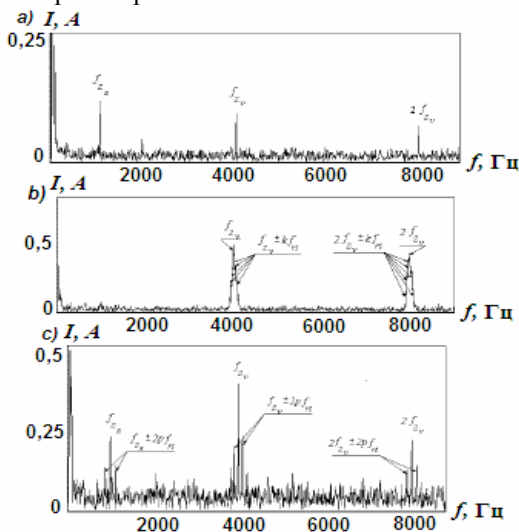


Рисунок 1 – Спектри струму тягових електродвигунів без дефекту (а), з дефектами (б), (с) при з'єднанні навантаження

Запропоновано віброакустичний безконтактний метод діагностування асинхронних електродвигунів. Запропоновано пристрій діагностування асинхронних електродвигунів: двоканальний віброаналізатор вібрації і збирач даних BALTECH VP-3470 на сучасній платформі.

Дано обґрунтування ефективності від впровадження віброаналізатора для віброакустичного діагностування асинхронних електродвигунів.

Розроблено заходи, які спрямовані на створення оптимальних та безпечних умов праці на транспортних підприємствах під час діагностування електродвигунів.

## **АНАЛІЗ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І РЕМОНТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ РУХОМОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ТА РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ ЗАДАЧ ЙОГО ЯКІСНОГО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ**

*Мінько Д.С.*

*Науковий керівник – Павленко Т.П., д-р техн. наук, професор*

Головне завдання підприємств міського електричного транспорту – експлуатація рухомого складу, яка забезпечує ефективне транспортне обслуговування міського населення: максимальне зменшення витрат часу на переміщення і зниження транспортної втомлюваності; максимальний випуск рухомого складу на лінію, високу регулярність руху і транспортний комфорт пасажироперевезень. На забезпечення високих якісних показників міських пасажирських перевезень прямо або опосередковано працюють всі структурні одиниці багатогалузевого транспортного господарства.

Експлуатація рухомого складу містить в собі організацію його лінійної роботи (руху) і технічного обслуговування, що визначає актуальність роботи.

Метою роботи є розробка комплексу задач технічного обслуговування і ремонту рухомого складу міського електротранспорту.

Якість технічного обслуговування і ремонту визначає техніко-економічні показники роботи рухомого складу на лінії, до яких входять випуск рухомого складу, його надійність роботи, безпека руху; пов'язана з технічним рівнем і системою організації експлуатаційно-ремонтної бази, відповідністю її потужності інвентарній кількості рухомого складу, організацією забезпечення запасними частинами і матеріалами, забезпеченням кваліфікованими робочими кадрами, діючою системою технічного обслуговування і ремонтів рухомого складу.

Експлуатаційно-ремонтне виробництво на відміну від промислового характеризується рядом особливостей, які затрудняють наукову організацію праці. Вони визначаються, насамперед, його порівняно низькою детермінованістю, великою долею впливу на технічний стан рухомого складу випадкових причин: дорожніх умов, режимів руху,

фактичного зносу та ін.

Можливості підвищення ефективності експлуатаційно-ремонтного виробництва полягають у розвитку теорії технічного обслуговування і ремонту рухомого складу, у розширенні розробок і застосуванні сучасних засобів технічного діагностування рухомого складу.

Результати аналізу статистичних відмов основних вузлів і агрегатів рухомого складу за півроку представлено на рисунку 1.

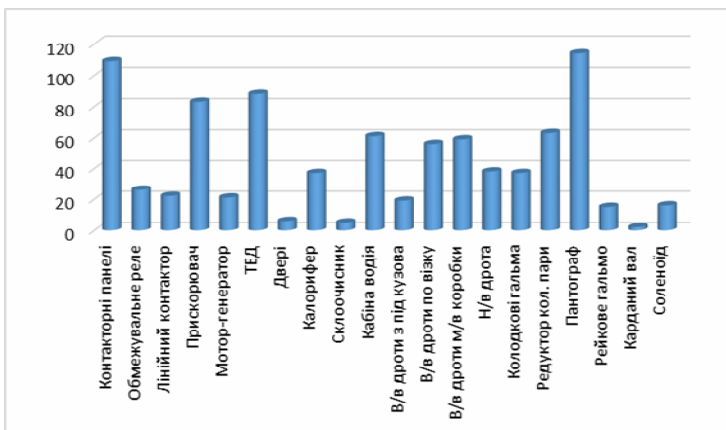


Рисунок 1 – Гістограма відмов базових вузлів і агрегатів рухомого складу

Як видно з гістограми, одним з агрегатів РС, що мають найбільшу кількість відмов, є тяговий електродвигун. На рисунку 2 представлено графік відмов ТЕН за шість місяців.



Рисунок 2 – Кількість відмов ТЕН рухомого складу за шість місяців

З рисунку 2 видно, що найбільша кількість відмов припадає на січень, що пов'язано з погодними умовами у цей пору року (низька температура і підвищена вологість повітря).

Система технічного обслуговування і ремонту рухомого складу міського електротранспорту (Система) розроблена відповідно до вимог «Правил технічної експлуатації трамвая (тролейбуса)», а також ГОСТ 2.601-68 + ГОСТ 2.605-68 «Експлуатаційна і ремонтна документація» і ГОСТ 18322-78 (СТ СЕВ 5151-85) «Система технічного обслуговування і ремонту техніки» з урахуванням пропозицій заводів-виготовників рухомого складу.

Система встановлює види, періодичність та тривалість технічного обслуговування і ремонтів рухомого складу міськелектротранспорту. Виконання вимог Системи забезпечує планове ведення господарства, гарантує необхідну експлуатаційну надійність рухомого складу і безпеку руху при оптимальних фінансових витратах на його утримання.

Система поширюється на пасажирські трамвайні вагони і тролейбуси всіх типів, а також спеціальний рухомий склад трамваїв і тролейбусів різного призначення.

Система є єдиною для рухомого складу міського електротранспорту України, незалежно від географічних, погоднокліматичних та інших умов експлуатації.

Система передбачає регламентоване технічне обслуговування і ремонт, тобто встановлює терміни технічних втручань, що виконуються з періодичністю і в обсягах, встановлених в ній, незалежно від технічного стану вагонів /тролейбусів/ у момент початку технічного обслуговування та ремонтів.

Технічне обслуговування і ремонти належить виконувати в спеціалізованих виробничих приміщеннях (дільницях) експлуатаційних підприємств, які оснащені технологічним обладнанням згідно з проектною і технологічною документацією.

Технічне обслуговування і ремонти повинні організовуватися на основі знеособленого, агрегатного методу, при якому не зберігається належність відновлених складових частин до зазначеного вагона (тролейбуса), а несправні агрегати замінюються новими або завчасно відремонтованими.

Таким чином, в роботі проаналізовано статистичні дані з відмов рухомого складу і розроблено комплекс задач для технічного обслуговування обладнання та елементів електротранспорту.

У технологічній частині надано характеристику чинної системи ТО і ремонтів рухомого складу. Представлено результати розрахунків виробничої програми, кількості поточних ліній, машино-місць для проведення ТО і ремонтів, а також оціночних показників надійності базових вузлів рухомого складу. Крім того, представлено ряд техноло-

гічного устаткування для ремонту електричних машин рухомого складу трамваїв, а саме: збірна фреза для комплексної обробки міжламельного простору колекторів електричних машин, установка для формування вуглецевого шару на колекторі електричної машини та установка для сушки ізоляції обмотки тягових електричних машин.

## **ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

***Коваль С.С.***

*Науковий керівник – Павленко Т.П., д-р техн. наук, професор*

Діагностування, в даний час, є одним з основних напрямків удосконалення системи ремонту техніки, підвищення її надійності в експлуатації, тому що воно сприяє виявленню відмов випадкового характеру в міжремонтні періоди.

Застосування засобів й методів технічного діагностування дозволяє безперервно чи в дискретні моменти часу перевірити стан вхідних і вихідних параметрів рухомого складу (РС), дає змогу ставити його в ремонт відповідно до технічного стану (РС). Це сприяє різкому зменшенню кількості відмов між плановими видами ремонтів, підвищенню ступеня використання ресурсу складових частин і деталей РС та зниженню витрат на запчастини й матеріали під час ремонту, підвищенню економічності роботи рухомого складу і його безпеки.

Вирішення діагностичної задачі передбачає необхідність характеристик трьох видів:

- об'єктів і явищ, що виступають у ролі причин їх відхилень;
- об'єктів і явищ, що виконують роль наслідків цих причин (тобто самих відхилень);
- процесу виявлення їхніх зв'язків.

Рішення показаних задач підвищує актуальність теми роботи.

Метою роботи є дослідження методів діагностування показників надійності рухомого складу електротранспорту.

Об'єктом технічного діагностування може бути як трамвай або тролейбус в цілому, так і їх складова частина, технічний стан якої потребує визначення. Під технічним станом слід розуміти сукупність властивостей об'єкта, які змінюються у процесі виробництва, експлуатації і характеризується у певний момент ознаками, що встановлені в нормативно-технічній документації. Таким чином, технічне діагностування – це процес визначення технічного стану об'єкта діагностування із заданою точністю. Відрізняють загальні схеми діагностування, об'єктом яких є виріб в цілому (наприклад, трамвай або тролейбус) і



локальні призначені для діагностування складових частин виробу.

Залежно від застосовуваного алгоритму діагностування і пред'явлених технічних вимог з усіх параметрів (ознак) технічного стану вибирають діагностичні параметри, які контролюються у процесі діагностування об'єкта, сукупність яких дозволяє знайти пошкодження із заданою глибиною пошуку дефекту.

Діагностичні параметри (ознаки) повинні мати наступні властивості:

- однозначність, яка характеризується тим, що зміни параметра технічного стану об'єкта діагностування відповідає цілком визначенню зміну діагностичного параметра;

- відтворення, що характеризується можливістю виміру та одержання аналогічних результатів на ідентичних об'єктах діагностування незалежно від засобів діагностування, місця і способу установки датчика на об'єкті й параметрів довкілля;

- селективну здатність, тобто можливість розділяти пошкодження окремих елементів об'єкта діагностування на основі специфічного характеру або зміни визначених значень діагностичного параметра;

- чутливість, обумовлену відношенням можливої зміни діагностичного параметра до зміни параметра технічного стану;

- інформативність, що характеризується кількістю інформації, яку одержують під час використання даного діагностичного параметра.

Основними оціночними показниками надійності рухомого складу є коефіцієнт відмов, параметр потоку відмов, середнє напрацювання на відмову та ймовірність безвідмовної роботи рухомого складу та його елементів (рис. 1).

Як видно з рисунку 1 найбільше відмов роботи по електричному обладнанню є: вагон – струмоприймач, ТЕД та прискорювач; по механічному обладнанню – кузов та редуктор колісної пари. Найбільша кількість відмов редуктора приходить на самий холодний місяць (лютий) з підвищеною вологістю.

Коефіцієнт відмов – це величина, що показує, який відсоток становлять від загальної кількості відмов відмови  $i$ -ого агрегату чи системи рухомого складу, і визначається за формулою:

$$K_{відм} = \frac{m_i}{m_0} \cdot 100\% , \quad (1)$$

де  $m_i$  – кількість відмов  $i$ -ого агрегату, системи (наприклад, кількість відмов електричного або механічного обладнання РС) за відповідний період;

$m_0$  – кількість всіх відмов РС (окремих систем, агрегатів, якщо розглядається надійність їх елементів) за відповідний період.

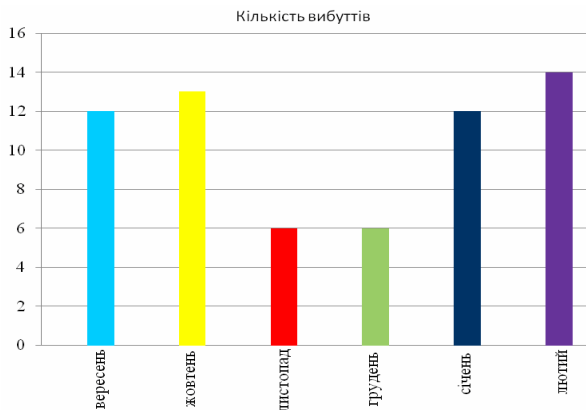


Рисунок 1 – Гістограма відмов редуктора колісної пари

Параметр потоку відмов – це величина, що визначає кількість відмов рухомого складу чи його елементу на один кілометр пробігу за відповідний період:

$$\omega(L) = \frac{m_i}{L_{\Sigma}}, \text{ км}^{-1} \quad (2)$$

де  $L_{\Sigma}$  – сумарний річний пробіг РС по депо, або пробіг за відповідний період (місяць, квартал і т. д.).

Середнє напрацювання на відмову – величина, що обернена до параметру потоку відмов, визначає середнє значення пробігу до першої відмови рухомого складу чи його елементу:

$$L_{сер} = \frac{L_{\Sigma}}{m_i} = \frac{1}{\omega(L)}, \quad (3)$$

Ймовірність безвідмовної роботи визначає ймовірність того, що рухомий склад в цілому чи його елемент буде працювати без відмов на протязі заданого періоду напрацювання:

$$p(L) = e^{-\omega \cdot L}, \quad (4)$$

де  $L$  – пробіг одиниці РС за період, що розглядається.

Установлено нормативний рівень ймовірності безвідмовної роботи для вузлів і елементів РС, який не може бути меншим для систем і агрегатів, що забезпечують безпеку руху на лінії (гальмівна система,

колеса, рульове керування та інші)  $p(L) = 0,90 \dots 0,95$ , для інших  $p(L) = 0,85 \dots 0,90$ .

Розглянуті в роботі засоби діагностування застосовуються на ремонтних постах для виконання контрольних і регулювальних робіт, після ремонтних операцій на рухомому складі.

При цьому особливий ефект має застосування мобільних засобів як післяремонтних засобів контролю і регулювань машин, що проходять непланові ремонти і направлені на спеціалізовані пости після ліній технічного обслуговування. Це дозволяє зменшити обсяг маневрових робіт, виключивши в ряді випадків заїзд РС на лінії діагностування після виконання ремонтних робіт.

## **КЕРУВАННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ДІАГНОСТУВАННЯ**

**Обруч В.А.**

*Науковий керівник – Шавкун В.М., канд. техн. наук, доцент*

Для забезпечення експлуатаційної надійності та зниження витрат особливо важливе теоретичне та практичне значення набуває проблема розробки науково обґрунтованих методів організації та режимів профілактичного обслуговування та ремонту рухомого складу міського електричного транспорту.

При керуванні технічним станом за допомогою діагностування отримують інформацію про технічний стан електричного транспорту, обробляють і аналізують інформацію і підготовлюють рішення. Основна інформація про технічний стан обладнання і рухомого складу в цілому надходить при вимірюванні діагностичних параметрів. Обробку і аналіз інформації проводять перетворенням отриманих при діагностуванні сигналів і величин, а також їх порівнянням з допустимими і номінальними значеннями.

Діагностування є складовою частиною процесу керування технічним станом електричного транспорту з метою збереження високої надійності (довговічності і безвідмовності) обладнання під час експлуатації при мінімальних затратах. При діагностуванні визначають, яким діям необхідно піддати обладнання для запобігання відмов і відновлення рівня його працездатності.

Метою роботи є обґрунтування необхідності впровадження систем діагностування рухомого складу міського електричного транспорту.

При експлуатації електричного транспорту діагностування застосовують у таких випадках:

- для визначення технічного стану при контролі обладнання в плановому порядку, для визначення причин виникнення відмов або порушення нормальної роботи рухомого складу при неплановому діагностуванні;
- для визначення строків поточних і капітальних ремонтів;
- при проведенні технічного обслуговування;
- при проведенні поточних і капітальних ремонтів.

Системи діагностування призначені для перевірки справності, працездатності, функціонування і пошуку дефектів. Розрізняють такі види системи діагностування:

- за мірою охоплення виробу: локальні і загальні;
- за характером взаємодії між об'єктом і засобом діагностування: функціонального і тестового діагностування (за потреби можуть бути одночасно використані системи функціонального і тестового діагностування);
- за використовуваними засобами діагностування: з універсальними і спеціалізованими, вмонтованими і зовнішніми засобами діагностування;
- за мірою автоматизації діагностування: автоматичні, автоматизовані, ручні.

При розробці системи діагностування для забезпечення взаємодії об'єкта і засобу діагностування мають бути вирішені такі завдання: техніко-економічне обґрунтування вибору виду і призначення системи діагностування; аналіз фізичних процесів, що відбуваються в об'єкті діагностування. Для виявлення механізмів виникнення та ознак прояву пошкоджень і дефектів необхідно здійснити: збирання і вивчення апріорних даних про характерні пошкодження і дефекти аналогічних виробів або їхніх складових частин; вибір методу діагностування; розробка моделі об'єкта діагностування; розробка алгоритму діагностування; розробка конструктивних вимог до об'єкта діагностування для забезпечення його діагностування і розробка відповідної технічної документації; вибір і розробка засобів діагностування; розробка пристроїв спряження об'єкта і засобів діагностування; розробка експлуатаційної і ремонтної документації для діагностування; випробування системи діагностування.

Для кожної галузі застосування системи діагностування визначають достовірність діагнозу і глибину пошуку дефекту з урахуванням надійності об'єкта та його складових частин, особливо тих, відмова яких пов'язана із:

- безпекою для людини;
- контролепридатністю і здатністю відновлюватись;
- вартістю і трудомісткістю діагностування.

Таким чином, впровадження систем діагностування сприятиме підвищенню продуктивності праці і якості виконуваних робіт під час виконання технічного обслуговування і ремонту рухомого складу на підприємствах міського електричного транспорту.

## **ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**Коник І.Г.**

*Науковий керівник – Шавкун В.М., канд. техн. наук, доцент*

Стратегія керування технічним станом рухомого складу є однією з основних складових економічної ефективності роботи експлуатаційних підприємств міського електричного транспорту.

Підвищення надійності та ресурсу рухомого складу міського електричного транспорту є одним з актуальних завдань транспортного машинобудування, експлуатації, що підтверджується вдосконаленням його конструкцій, зростанням швидкостей, навантажень, підвищенням вимог до техніко-економічної ефективності перспективних його видів.

В умовах фізичного «старіння» рухомого складу, що відбувається на електричному транспорті України, підвищення його надійної експлуатації неможливо без впровадження ефективних методів контролю якості технічного обслуговування і ремонту. При цьому для забезпечення необхідних обсягів і термінів перевезень, безпеки руху на маршрутах необхідно так будувати стратегію технічного обслуговування рухомого складу, щоб постійно підтримувати його надійність на високому рівні, зменшувати час простою через несправність вузлів, агрегатів і систем. В цих умовах особливої уваги до себе, а точніше до оцінки стану, вимагає електроустаткування і, зокрема, тягові електродвигуни, оскільки вони відносяться до найбільш навантаженого електрообладнання з точки зору комплексного впливу теплових, електричних, механічних та кліматичних факторів.

Метою роботи є обґрунтування необхідності впровадження та застосування сучасних засобів технічного діагностування електричних машин рухомого складу міського електричного транспорту, зокрема, тягових електродвигунів.

Успішне вирішення зазначеної задачі залежить від технічного стану електросилового обладнання рухомого складу. Однак, як показує аналіз експлуатаційної надійності його вузлів і агрегатів, рівень її не

відповідає необхідним вимогам. Впровадження принципово нових конструктивних і технологічних рішень не дає суттєвого підвищення надійності електросилового обладнання, що впливає на графік руху, вартість ремонту, обслуговування та інші показники.

Тяговий електродвигун складається з елементів, що мають складні фізико-механічні і функціональні властивості, і відмова одного з елементів може призвести до відмови іншого або системи в цілому. Отже, надійність системи формується надійністю елементів і внутрішніми функціональними зв'язками.

У процесі роботи тягових електричних двигунів погіршуються властивості ізоляції обмоток якоря і полюсів, що є складним багатофакторним процесом. Зміна властивостей ізоляції у часі («старіння») виявляється в зміні структури, окислюванні й зникненні компонентів компаундних заповнювачів, а також у втраті механічної міцності з утворенням тріщин.

Ізоляція тягових електродвигунів тролейбусів працює в надзвичайно важких умовах. Забруднення, вода з хімічно активними речовинами, сіль, пісок в осінньо-зимову і пил у літню пору року захоплюються вентиляторами двигуна й осідають разом з продуктами зносу колекторно-щіткового вузла на обмотках, ізоляторах, проводах. Інтенсивне внутрішнє зволоження ізоляції продовжується і в непрацюючих тягових електродвигунах. До параметрів, що характеризують технічний стан ізоляції, відносять: опір ізоляції, зволоженість, електрична міцність, діелектрична проникність, коефіцієнт теплопровідності.

Для контролю цих та інших параметрів електричних машин рухомого складу міського електричного транспорту, зокрема, тягових електродвигунів необхідно застосовувати більш сучасні діагностичні засоби. Так, з усього різноманіття засобів діагностування в електротехніці найбільше застосування в даний час знаходять апаратні засоби для визначення працездатності та справності окремих складальних одиниць електричного обладнання. Програмні та програмно-апаратні засоби діагностування широко впроваджуються у міру поширення мікропроцесорних систем та обчислювальної техніки.

Таким чином, впровадження пристроїв для діагностування електричних машин рухомого складу міського електричного транспорту дасть змогу підвищити якість технологічних операцій і значно скоротити час на пошук і усунення несправностей.

## **МОДЕЛЮВАННЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ НА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ**

**Шокало В.І., Чечерінда Д.О.**

*Науковий керівник – Єсаулов С.М., канд. техн. наук, доцент*

В транспортних засобах, що використовуються для потреб комунального господарства, зустрічаються двигуни з системами розподіленого впорскування палива (СРВП). Особливість таких систем полягає в тому, що для кожного циліндра паливо впорскується окремою форсункою. СРВП зі зворотнім зв'язком і без неї завжди оснащуються електронними блоками управління. Застосування контролерів різних виробників завжди відрізняється технічними новинками, які забезпечують зниження токсичності відпрацьованих газів та покращення інших характеристик двигунів. Відомі СРВП, що підтримують норми токсичності з нейтралізаторами відпрацьованих газів і без них. Популярні варіанти СРВП адаптовані для роботи з системами уловлювання парів палива та без адсорберів. Впровадження надійних датчиків для контролю концентрації кисню у відпрацьованих газах сприяло підвищенню ефективності нейтралізаторів в результаті регулювання СРВП співвідношення повітря/паливо близьким до оптимального. Зазначені вище та інші особливості в пристрої СРВП завжди необхідно враховувати, коли здійснюється діагностика, налагодження і ремонт контролерів, обладнання підготовки горючої суміші, пристрої з іоністорами та ін.

Через велику кількість прецизійних елементів у СРВП вони завжди складніші систем паливоподачі із застосуванням карбюраторів, через що вимагають і більш кваліфікованого обслуговування в експлуатації. При налаштуванні і визначенні несправностей таких складних технічних пристроїв можуть надати допомогу спеціалізовані автоматичні засоби технічної діагностики.

Метою даної роботи є моделювання системи розподіленого впорскування палива, запалювання і технічних засобів електронної діагностики їх.

В якості об'єкта дослідження використовувалась система запалювання з суперконденсаторами, електронний карбюратор, стехіометричний склад робочої суміші в режимі пуску, терморежими двигуна, варіювання частоти обертання колінчастого валу в режимі холостого ходу та ін.

Оскільки в даний час базові компоненти в структурних схемах СРВП стали досить надійними, то в якості вихідних параметрів були прийняті відомі величини CO, CH і NO<sub>2</sub>. Вхідними величинами були обрані змінні, завдання та вимірювання яких доступно з необхідною точністю: частота обертання колінчастого валу двигуна; час відкриття форсунки електромагнітного клапана; напруга живлення на клапані;

температура охолоджуючої рідини під час прогріву двигуна; температура повітря на впуску.

В цілому, об'єкт дослідження розглядався як багатовимірна система, при моделюванні використовувалися масиви статистичних даних, що відображають взаємозв'язок вхідних параметрів з окремо взятими вихідними величинами.

Кілька наборів математичних описів було покладено в основу їх реалізації для моделювання можливих несправностей системи запалювання в бортових діагностичних пристроях. Спроможність математичних залежностей процесів з реальними вхідними змінними, очевидно, нескладно було застосувати для оптимізації і розрахунку допустимих інтервалів варіювання найбільш представницьких діагностованих величин. Застосування у віртуальних моделях нормалізаторів, компараторів та інших базових елементів дозволили запропонувати технічні рішення для формування нормованих рівнів сигналів неузгодженості. Цю особливість підготовки параметрів апаратними засобами зручно використовувати, застосовуючи подієве моделювання при діагностиці СРВП. Алгоритм подійного моделювання передбачає обробку тільки тих сигналів, рівні яких вийшли за межі їх зон варіювання. Схема алгоритму подійного інтерпретативного моделювання включає в себе збір даних і виділення з їх числа тільки тих, які неприпустимо змінили свої усталені значення. Далі виявлена зміна стає активним, а вибірка проводиться з наступного набору.

Разом з подієвим моделюванням було вивчено паралельне моделювання, застосування якого зручно для нормалізованих величин, одержуваних з допомогою синтезованих логічних електронних пристроїв. Паралельне моделювання забезпечує обробку декілька вхідних наборів. При цьому алгоритм паралельного моделювання незначно відрізняється від алгоритмів одиночного моделювання вхідних наборів, але реалізується з високою швидкістю отримання очікуваних результатів.

Оскільки паралельне моделювання відрізняється швидкістю, то для цифрової діагностики несправностей в електронному обладнанні воно і було запропоновано в якості базової при технічній реалізації діагностичних аналізаторів транспортних засобів.



## ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ АСИНХРОННОГО ПРИВОДУ З ВЕКТОРНИМ УПРАВЛІННЯМ НА МЕТ

*Тихоненко Б.Г.*

*Науковий керівник – Гарбуз Н.В., асистент*

Вимоги підвищення надійності роботи транспорту і зниження витрат на експлуатацію вказують на необхідність застосування сучасних систем управління тяговими електроприводами на міському електротранспорті. Застосування сучасних систем управління тяговими двигунами дозволяє значно підвищити економічність за рахунок зниження енергоспоживання, скорочення витрат на обслуговування і зменшення пристроїв рухомих одиниць.

Метою роботи є обґрунтування доцільності впровадження асинхронного приводу з векторним управлінням на рухомому складі міського електротранспорту.

До кінця XX ст. на рухомому складі міського електротранспорту (трамвай, тролейбус, метро) на території колишнього СРСР застосовувався електропривод постійного струму з релейно-контакторною системою управління (РКСУ). Такий привод має наступні недоліки:

- наявність колектора у двигунів постійного струму вимагала обслуговування колекторного щіткового вузла і диктувала необхідність його захисту від попадання вологи, що в умовах експлуатації досить складно було забезпечити, тому в сиру (снігову) погоду збільшувалося число відмов тягових двигунів;
- відсутність можливості повернення частини енергії при гальмуванні в контактну мережу (рекуперативне гальмування);
- використання пуско-гальмових реостатів для регулювання швидкості призводило до збільшення втрат на регулювання, особливо при русі на низьких швидкостях;
- необхідність використання великої кількості контактних елементів, що здійснюють комутацію під струмом (до 200 А) і вимагають періодичного обслуговування;
- інертність систем струмового захисту не дозволяла обмежити струми в аварійних режимах.

З розвитком автоматизації виробничих процесів автоматизований електропривод набув широкого поширення. Регулювання швидкості робочих органів машини є необхідною умовою роботи багатьох робочих машин і механізмів, а також володіння більш широкими можливостями оптимального ведення технологічного процесу і забезпечення економічного витрачання електричної енергії. Електропривод - це головний споживач електричної енергії, на його частку припадає понад

60% усієї вироблюваної електроенергії у світі. Прагнення знизити матеріальні та енергетичні витрати на виконання технологічних процесів зумовило необхідність технологічної та енергетичної оптимізації процесів, яка є однією з функцій електроприводу. Створення сучасних електроприводів базується на використанні новітніх досягнень механіки, силової електроніки, мікроелектроніки, автоматики, комп'ютерної техніки. Ці галузі наук визначають високу динамічність розвитку електромеханічних систем. Серед них домінує становище починає займати частотний асинхронний електропривод з векторним управлінням.

Силовa схема частотного асинхронного електроприводу являє собою асинхронний двигун, що живиться від перетворювача частоти. Основними перевагами асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором є простота конструкції, висока надійність і низька ціна. Завдяки розвитку силової перетворювальної техніки в даний час створені і серійно випускаються різні види напівпровідникових перетворювачів частоти, що визначило випереджальний розвиток і широке застосування частотно-регульованого асинхронного електроприводу. Векторне управління частотно-регульованого асинхронного електроприводу здійснюється зміною частоти напруги живлення і векторів змінних асинхронного двигуна. За рахунок регулювання амплітудних значень змінних і кутів між їх векторами забезпечується повне управління асинхронним двигуном в статиці, а також і в динаміці. Поліпшення перехідних процесів при векторному управлінні пояснюється можливістю підтримувати сталість потокозчеплення ротора, що дозволяє електромагнітному моменту змінюватися так швидко, як швидко змінюється складова струму статора. При скалярному управлінні в перехідних процесах потокозчеплення ротора змінюється при зміні струмів статора і ротора, що призводить до зниження темпу зміни електромагнітного моменту.

Частотно-регульований електропривод з векторним керуванням є одним з найбільш економічних і надійних електроприводів в світі. Використання як стандартного, так і спеціального енергозберігаючого електропривода знижує споживання електрики приблизно на 40%. Загальний ККД системи може досягати 80-90%, що дозволяє знизити втрати потужності в середньому на 15-30%.

Таким чином, успішний досвід застосування комплектів тягового приводу дозволяє зробити наступні висновки:

- заміна тягових двигунів постійного струму на асинхронні тягові двигуни підвищує надійність рухомого складу і знижує витрати на обслуговування;

- застосування частотних перетворювачів для управління тяговими двигунами значно знижує експлуатаційні витрати, пов'язані як з технічним обслуговуванням системи управління, так і з економією електроенергії, споживаної тяговим електроприводом;
- при сучасних методах управління асинхронним приводом можна досягти максимально плавного старту, та плавного обертання ротору двигуна.

## **ОБЛІК ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ЕЛЕКТРИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

***Левченко Ю.Ю.***

*Науковий керівник – Гарбуз Н.В., асистент*

Енергозбереження є одним з головних напрямків державної економічної політики України, що визначений на законодавчому рівні.

Складовою житлово-комунального господарства є міський електричний транспорт (МЕТ) - один з масштабних споживачів електроенергії в містах. Отже, зменшення витрат енергії на рух трамвайних вагонів і тролейбусів має загальнодержавне значення. Сьогодні втрати енергії в системі електропостачання електротранспорту сягають 25% обсягу споживання. Це обумовлено низьким рівнем технічного стану рухомого складу, обладнання та ін., тому дослідження в цьому напрямку, наукове обґрунтування необхідності енергозбереження та пошук ефективних енергозберігаючих заходів на підприємствах міського електричного транспорту є важливими й актуальними.

Відомо, що економія витрат електроенергії на рух лише на 1% складає по Україні 14,41 млн. кВт годин за рік, або близько 60 млн. гривень, тоді як показники енергоспоживання на міському електротранспорті у розвинених країнах менші за вітчизняні на 10- 12%. Отже у підприємств МЕТ є великі резерви скорочення витрат.

Одним зі шляхів реалізації енергозбереження на електричному транспорті є облік витрат електроенергії.

Мета роботи: реалізація енергозбереження на електричному транспорті шляхом впровадження засобів обліку витрат енергетичних ресурсів.

Енергозбереження є одним з головних напрямків державної економічної політики України, що визначений на законодавчому рівні. Статистичні дані економічного розвитку нашої країни свідчать, що навіть при загальному падінні обсягів національного валового продукту потреби України в паливно-енергетичних ресурсах за рахунок власних можливостей задовольняються тільки на 47%. При цьому 31%

енергоресурсів України втрачається при їх виробництві, транспортуванні та споживанні. Тому спрямованість економіки на енергозбереження є пріоритетним шляхом розвитку України.

Одним з найбільших споживачів ресурсів в Україні, що забезпечує життєдіяльність міст, є житлово-комунальне господарство, на частку якого припадає майже 20% паливно-енергетичних ресурсів.

Першочерговими завданнями у сфері споживання енергоресурсів є розробка системи показників, характеристик, норм; оцінка енергетичної ефективності (енергоємності, енергетичного еквіваленту). Пряма економія енергетичних ресурсів визначається економією за рахунок зменшення втрат енергії на всіх ступенях виробництва, перетворення і використання, вдосконалення організації та управління виробництвом, оптимізації режимів руху тролейбусів і трамвайних вагонів, застарілого обладнання досконалішим у енергетичному відношенні. Непряма ж економія енергоресурсів досягається шляхом підвищення якості продукції, зменшення її матеріалоемності, використання нових матеріалів, сировини.

Організаційно-правові заходи задля енергозбереження – це розробка і запровадження законів, стандартів, нормативів, податків на викиди шкідливих речовин, на використання імпортованих енергоносіїв, налагодження обліку шляхом використання лічильників енергоресурсів, державна підтримка впровадження нових ефективних видів техніки, технологій, матеріалів тощо.

Одним зі шляхів реалізації енергозбереження на електричному транспорті є облік витрат електроенергії.

Пропонована модель електронного лічильника для обліку електричної енергії на електрорухомому складі відноситься до пристроїв обліку електричної енергії на електрорухомому складі змінного і постійного струмів. Його перевагою є підвищення надійності обліку електроенергії. Розглянуто спосіб визначення витрати електроенергії електрорухомим складом у межах довільної зони обліку. Технічний результат пропонованого способу полягає в:

- зниженні трудомісткості визначення витрати і рекуперації електроенергії електрорухомим складом у межах зон обліку за рахунок скорочення операцій при заданні меж зон обліку електричної енергії;
- розширенні можливостей аналізу витрати і рекуперації за рахунок їх роздільного визначення у межах зони обліку;
- підвищенні гнучкості способу за рахунок можливості визначення витрати електроенергії за будь-який період часу в будь-яких довільних межах без необхідності перепрограмування засобів обліку електричної енергії на електрорухомому складі;

- можливості використання технічних засобів обліку електроенергії на електрорухомому складі без застосування складних обчислювальних алгоритмів її витрати у межах зон обліку.

Складне фінансове становище підприємств міського електричного транспорту потребує раціонального використання усіх видів ресурсів.

Саме тому є актуальним підвищення рівня енерго- і ресурсозбереження на цих підприємствах, яке потребує:

- виявлення найбільш значимих факторів, які впливають на витрати електроенергії і параметр потоку відмов рухомого складу та його агрегатів;

- побудови математичних моделей залежностей техніко-економічних показників роботи рухомого складу від цих факторів для можливості прогнозування потреб у енергетичних та матеріальних ресурсах;

- побудови математичної моделі залежності витрат матеріальних і енергетичних ресурсів від обсягів транспортної роботи.

Різкі та істотні відхилення параметрів рухомих одиниць внаслідок порушень технології виготовлення впливають на варіацію показників надійності окремих рухомих одиниць в загальній масі парку. Крім того зовнішні сезонні умови експлуатації впливають на показники надійності. Максимальні параметри потоку відмов спостерігаються у зимові місяці у період різких коливань температури. Крім вищеозначених факторів на параметр потоку відмов при роботі рухомого складу на лінії і, відповідно, на витрати матеріальних та енергетичних ресурсів впливає кваліфікація водіїв.

Для оцінки ефективності використання енергоресурсів на основі факторів, що впливають на витрати електроенергії транспортним підприємством, проведений кореляційний аналіз витрат електроенергії на основі статистичних даних КП «Краматорське ТТУ» за 15 років.

У якості незалежних змінних використовувалися: інвентарна кількість рухомих одиниць ( $X_1$ ); пробіг рухомого складу ( $X_2$ ); кількість перевезених пасажирів ( $X_3$ ) для Краматорського ТТУ. Значення коефіцієнтів кореляції між витратами електроенергії ( $Y$ ) та відповідними факторами свідчать про наявність прямого лінійного зв'язку:

- для трамвайних вагонів:  $r_1=0,884$ ,  $r_2=0,86$ ,  $r_3=0,787$ ;

- для тролейбусних машин:  $r_1=0,873$ ,  $r_2=0,944$ ,  $r_3=0,507$ .

Проведений кореляційний аналіз дозволив виявити основні фактори, що впливають на витрати електроенергії, крім того дає підстави вважати лінійну залежність правильно підбраною формою регресивної моделі. Коефіцієнти рівняння регресії отримані за допомогою вбу-

дованого у Microsoft Office Excel Пакету аналізу даних. Одержані математичні моделі залежностей витрат електроенергії від трьох вказаних факторів мають наступний вигляд:

$Y = -68,23 + 71,41 \cdot X_1 - 1,47 \cdot X_2 + 0,12 \cdot X_3$  – для трамвайних вагонів;

$Y = 11,31 + 39,4 \cdot X_1 + 2,57 \cdot X_2 - 0,012 \cdot X_3$  – для тролейбусних машин.

На основі одержаних математичних моделей можливе прогнозування необхідного обсягу електроенергії трамвайними і тролейбусними підприємствами на основі планових значень інвентарного парку, пробігу рухомого складу та кількості перевезених пасажирів на наступний період. Необхідність прогнозування пов'язана з інерційністю розвитку виробничих і економічних систем, із великими витратами на розробку новітньої техніки і технології, порівняно довгостроковими термінами їх освоєння і відносно швидкими темпами старіння техніки і технології. На основі одержаних математичних моделей можливе прогнозування необхідного обсягу електроенергії трамвайними і тролейбусними підприємствами на основі планових значень інвентарного парку, пробігу рухомого складу та кількості перевезених пасажирів на наступний період.

## ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ

*Лисенко Ю.О.*

*Науковий керівник – Гарбуз Н.В., асистент*

Водій, виїжджаючи на лінію, повинен пам'ятати, що гальма – це одна з основних систем, що забезпечують надійність і безпеку управління автомобілем.

Відмови і несправності гальмівної системи автомобіля полягають в порушенні працездатності гальмівних механізмів і гальмівного приводу, в результаті якої відбувається повна або часткова втрата ефективності гальмування автомобіля.

Метою роботи є аналіз несправностей і методів для діагностування гальмівних систем автомобілів.

Несправностями гальмівного механізму є: знос накладок гальмівних колодок і знос барабанів, збільшення проміжків між ними, замаслення, заклинювання колодок, що призводить до нагріву гальмівних барабанів. Несправностями гідравлічного приводу гальм є: втрата герметичності (підтікання через манжети колісних гальмівних циліндрів і з'єднання шлангів); недостатній рівень гальмівної рідини в резервуарі гальмівного циліндра; збільшений хід гальмівної педалі; пригальмовування коліс на ходу. Несправностями пневматичного гальмівного приводу є: втрата герметичності в з'єднаннях, пониження тиску повітря в

системі нижче за норму; недостатній тиск в системі через несправність компресора; пригальмовування на ходу із-за нещільності посадки клапанів управління. Несправності приводу стоянкового гальма полягають у витягуванні і ушкодженні тяги або тросів, їх заїданні.

Основні ознаки несправності гальмівної системи – збільшення довжини шляху гальмування (при однаковому стані дороги і за тієї ж швидкості) і прагнення автомобіля до заносу при гальмуванні, нагрівання гальмівних барабанів.

Збільшений вільний хід педалі спостерігається із-за збільшення проміжків між накладками колодок і гальмівними барабанами, між штоком і поршнем головного гальмівного циліндра, а також із-за зменшення надлишкового тиску в системі в результаті несправностей клапана і поворотної пружини поршня головного циліндра. Причиною є також недостатній рівень гальмівної рідини в резервуарі головного циліндра.

Підтікання і недостатній рівень рідини в гідروприводі сприяють проникненню повітря в систему приводу, що супроводжується «проваленням» педалі. Гальма при цьому починають діяти лише після декількох натиснень на педаль. Набрякання манжет призводить до заїдання гальм.

Причинами нагріву гальмівних барабанів можуть бути пригальмовування одного або декількох коліс, послаблення або поломка стяжної пружини гальмівних колодок, заїдання поршня в колісному циліндрі (гідропривід), недостатній проміжок між накладками колодок і барабанів та ін.

Ефективність гальм можна перевірити методами ходових випробувань і стаціонарними на спеціальних стендах.

Гальмівні якості автомобіля при ходових випробуваннях оцінюються за двома показниками: гальмівному шляху і максимальному уповільненню. У першому випадку автомобіль розганяють до швидкості 40 км/год на горизонтальній, рівній і сухій ділянці дороги (при нормальному тиску повітря в шинах) і проводять екстрене гальмування (при вимкненому зчепленні). Найбільший гальмівний шлях для легкових автомобілів має бути 14,5 м, для вантажних автомобілів і автобусов – 19,0-22,1 м залежно від власної маси автомобіля і швидкості руху.

По мірі схожості між собою слідів, що залишаються колесами на дорозі, і ознакам занесення судять про синхронність гальмування. Результати випробування вважають незадовільними, якщо для збереження прямолінійного напрямку в процесі гальмування водій повинен управляти траєкторію руху. Хоча такий метод контролю гальм широко

поширений, користуватися їм слід у крайніх випадках, оскільки він неточний і веде до інтенсивного зношування шин.

При другому випадку перевірки ефективності гальм оцінюють по максимальному уповільненню, визначуваному деселерометром маятникового типу. Деселерометр за допомогою гумових присосів встановлюють на склі дверей або лобовому склі кабіни або кузова автомобіля так, щоб напрям гойдання маятника співпав з напрямом руху автомобіля. Для легкових автомобілів уповільнення має бути не нижче  $5,8 \text{ м/с}^2$ , для вантажних автомобілів і автобусів –  $5-4,2 \text{ м/с}^2$ . Уповільнення визначають екстреним гальмуванням автомобіля з будь-якої швидкості руху.

Діагностування гальм автомобіля виконують на стендах інерційного або силового методу виміру показників їх ефективності.

Згідно з діючими стандартами застосовують два основні методи діагностування гальмівних систем – дорожній і стендовий. Для них встановлені наступні контрольовані параметри:

- при проведенні дорожніх випробувань - гальмівний шлях; стає уповільнення; стійкість при гальмуванні; час спрацювання гальмівної системи; ухил дороги, на якому повинен нерухомо утримуватися транспортний засіб;
- при проведенні стендових випробувань - загальна питома гальмівна сила; коефіцієнт нерівномірності (відносна нерівномірність) гальмівних сил коліс осі, а для автопоїзда ще додатково коефіцієнт сумісності ланок автопоїзда і асинхронність часу спрацювання гальмівного приводу.

Існує декілька видів стендів і приладів, що використовують різні методи і способи виміру гальмівних якостей:

- статичні силові;
- інерційні платформені;
- інерційні роликові;
- силові роликові стенди;
- прилади для виміру уповільнення автомобіля при дорожніх випробуваннях.

Статичними силовими стендами для діагностування гальм автомобіля є роликові або платформені пристрої, призначені для перевірки «зриву» загальмованого колеса і виміру сили, що прикладається при цьому. Такі стенди можуть мати гідравлічний, пневматичний або механічний привод. Вимір гальмівної сили можливий при вивішеному колесі або при його опорі на гладкі бігові барабани. Недоліком статичного способу діагностування гальм є неточність результатів, внаслідок чого не відтворюються умови реального динамічного процесу гальму-



вання.

Принцип дії інерційного платформеного стенду заснований на вимірі сил інерції (від поступально і обертально рухомих мас), що виникають при гальмуванні автомобіля і прикладених в місцях контакту коліс з динамометричними платформами. Такі стенди іноді використовуються на підприємствах автотехобслуговування для вхідного контролю гальмівних систем або експрес-діагностування транспортних засобів.

Інерційні роликові стенди мають ролики, які можуть мати привод від електродвигуна або від двигуна автомобіля. У останньому випадку провідні колеса автомобіля приводять в обертання ролики стенду, а від них за допомогою механічної передачі – і передні (ведені) колеса.

Після установки автомобіля на інерційний стенд лінійну швидкість коліс доводять до 50-70 км/год. і різко гальмують, одночасно роз'єднуючи усі каретки стенду шляхом виключення електромагнітних муфт. При цьому в місцях контакту коліс з роликами (стрічками) стенду виникають сили інерції, протидіючі гальмівним силам. Через деякий час обертання барабанів стенду і коліс автомобіля припиняється. Шляхи, пройдені кожним колесом автомобіля за цей час (чи кутове уповільнення барабана), будуть еквівалентні гальмівним шляхам і гальмівним силам.

Гальмівний шлях визначають по частоті обертання роликів стенду, що фіксується лічильником, або за тривалістю їх обертання, вимірюваною секундоміром, а уповільнення - кутовим деселерометром.

Метод, що реалізовується інерційним роликовим стендом, створює умови гальмування автомобіля, максимально наближені до реальних. Але через високу вартість стенду, недостатню безпеку, трудомісткість і великі витрати часу, необхідного для діагностування, стенди такого типу нерационально використовувати при проведенні діагностування на автопідприємствах і при держтехогляді.

Силові роликові стенди з використанням сил зчеплення колеса з роликом дозволяють вимірювати гальмівні сили в процесі його обертання із швидкістю 2-10 км/год. Обертання коліс здійснюється роликами стенду від електродвигуна. Гальмівні сили визначають по реактивному моменту, що виникає на статорі мотор-редуктора стенду при гальмуванні коліс.

Роликові гальмівні стенди дозволяють отримувати досить точні результати перевірки гальмівних систем. При кожному повторенні випробування вони здатні створити умови (передусім швидкість обертання коліс), абсолютно однакові з попередніми, що забезпечується точним завданням початкової швидкості гальмування зовнішнім при-

водом. Крім того, при випробуванні на силових роликівних гальмівних стендах передбачений вимір так званої «овальності» – оцінка нерівномірності гальмівних сил за один оборот колеса, тобто досліджується уся поверхня гальмування.

При випробуванні на роликівних гальмівних стендах, коли зусилля передається ззовні (від гальмівного стенду), фізична картина гальмування не порушується. Гальмівна система повинна поглинути енергію, що надходить ззовні, навіть не дивлячись на те, що автомобіль не має кінетичної енергії.

Є ще одна важлива умова – безпека випробувань. Найбезпечніші випробування – на силових роликівних гальмівних стендах, оскільки кінетична енергія випробовуваного автомобіля на стенді дорівнює нулю. У разі відмови гальмівної системи при дорожніх випробуваннях або на майданчикових гальмівних стендах вірогідність аварійної ситуації дуже висока.

Слід зазначити, що по сукупності своїх властивостей саме силові роликівні стенди є найбільш оптимальним рішенням як для діагностичних ліній станцій техобслуговування, так і для діагностичних станцій, що проводять держтехогляд.

Сучасні силові роликівні стенди для перевірки гальмівних систем можуть визначати наступні параметри:

- по загальних параметрах транспортного засобу і стану гальмівної системи – опір обертанню незагальмованих коліс; нерівномірність гальмівної сили за один оборот колеса; маса, що доводиться на колесо; маса, що доводиться на вісь;
- по робочій і стоянковій гальмівним системам – найбільшу гальмівну силу; час спрацювання гальмівної системи; коефіцієнт нерівномірності (відносна нерівномірність) гальмівних сил коліс осі; питому гальмівну силу; зусилля на органі управління.

Дані контролю виводяться на дисплей у вигляді цифрової або графічної інформації. Результати діагностування можуть виводитися на друк і зберігатися в пам'яті комп'ютера в базі цих автомобілів, що діагностуються.

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ СХЕМИ ОСЛАБЛЕННЯ ПОЛЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПОСЛІДОВНОГО ЗБУДЖЕННЯ**

***Кулік П.М.***

*Науковий керівник – Герасименко В.А., асистент*

Міський пасажирський транспорт – важлива галузь народного господарства. Без чіткої функціонуючої транспортної системи сучасне

місто не може існувати. У багатьох містах України міський електричний транспорт відіграє велику роль в обслуговуванні населення. На його частку приходить від 42% до 56% усіх міських перевезень пасажирів. У місті Харкові перевезення пасажирів міським електричним транспортом складає близько 60%. Міста і селища повинні являти собою раціональну комплексну організацію виробничих зон, житлових районів, мережі суспільних і культурних установ, побутових підприємств, транспорту, інженерного устаткування і енергетики, відпочинку людей. Саме цю задачу покликана вирішувати система міського транспорту, і це визначає його галузеву специфіку.

Всякі відхилення, прорахунки, неефективність роботи міського електротранспорту ведуть не тільки до поганого надання послуг, а і цілому рядові непродуктивної перевитрати трудових, фінансових, енергетичних і інших ресурсів. Перевитрата основних ресурсів у результаті виробництва в значній мірі позначається на собівартості готової «продукції», що безпосередньо попадає до споживача.

Так на підприємствах міського електротранспорту через нераціональне використання ресурсів відбувається збільшення собівартості перевезень, погіршення якості обслуговування і ряд інших негативних наслідків, що негативно позначаються на роботі підприємства в цілому [3]. В умовах жорстких ринкових відносин, коли відбувається підвищення цін на електроенергію, запчастини, сировину, найбільш актуальним з технічної і економічної точки зору для підприємств є застосування ресурсозберігаючих технологій і режимів, поряд зі створенням стимулів для їхнього впровадження. Метою даної роботи є аналіз способів ослаблення поля тягових електричних двигунів та пошук напрямків їх вдосконалення.

Застосування ослаблення поля тягових електродвигунів послідовного збудження на міському електричному транспорті є важливим заходом, спрямованим на підвищення ефективності його роботи і має в зв'язку з цим безпосереднє практичне значення. Ослаблення поля тягових двигунів дає можливість одержати економію електроенергії при збереженні тих же швидкостей, одержати додаткові ступені економічного регулювання швидкості руху і тим самим підвищити маневреність рухомого складу.

Виходячи з цього, у роботі виконано аналіз та модернізація режимів ослаблення поля, які застосовуються на рухомому складі з реостатно-контактним і імпульсним регулюванням ТЕД. Проаналізовані способи ослаблення поля показали, що вони є енергозатратними і не відповідають сучасним вимогам. У результаті аналізу запропоновано схему ослаблення поля трамвайного вагону, в якій перша ступінь

ослаблення поля виконується з використанням індуктивного шунта, а наступна паралельним включенням обмоток збудження головних полюсів.

Відповідно до розробленої схеми були модернізовані схеми силових ланцюгів і ланцюгів керування трамвайного вагону, а також розраховані електромеханічні характеристики ТЕД. За результатами досліджень у роботі було зроблено аналіз модернізованої силової схеми і схеми ланцюгів керування трамвайного вагону ТЗ, а також виконано розрахунок швидкісних характеристик на ослабленому полі з урахуванням модернізації.

Застосування запропонованої схеми для трамвайного вагону з двигунами послідовного збудження дозволить підвищити надійність та економічність. Доцільно використання даної схеми при модернізації парку трамвайних вагонів, типу ТЗ.

## **РОЗРОБКА ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ**

*Сорока А.Е.*

*Науковий керівник – Герасименко В.А., асистент*

У наш час важко уявити світ без електричного транспорту, автомобілів, поїздів, різноманітної електроніки. Транспорт значно полегшує життя людей. Останнім часом все більшої популярності набуває електротранспорт, важливою деталлю якого є частотний перетворювач напруги.

Перетворювач частоти керує електричним двигуном і являє собою електронний статичний пристрій. На виході перетворювача формується електрична напруга зі змінними амплітудою і частотою.

Останні десятиліття спостерігався прогрес у сфері силової й керуючої електроніки. З'явилися сучасні силові напівпровідникові прилади, що набагато перевершують по властивостях і характеристикам. Нові елементи – це повністю керовані тиристори (GTO), силові біполярні (GTR) і польові (MOSFET) транзистори, біполярні транзистори з ізолюваним затвором (IGBT). Ці напівпровідникові елементи дозволяють створювати на їхній базі високоефективні імпульсні перетворювачі електричної енергії.

Метою даного дослідження є проведення аналізу та розробки низьковольтного джерела живлення транспортного засобу, наприкладі електромобіля.

Перетворювач частоти – це пристрій, призначений для перетворення змінного струму (напруги) однієї частоти в змінний струм (на-

пругу) іншої частоти. Вихідна частота в сучасних перетворювачах може змінюватися в широкому діапазоні і бути як вище, так і нижче частоти живильної мережі. Схема будь-якого перетворювача частоти складається із силової і керуючої частин. Силова частина перетворювачів зазвичай виконана на тиристорах або транзисторах, які працюють в режимі електронних ключів. Керуюча частина виконується на цифрових мікропроцесорах і забезпечує управління силовими електронними ключами, а також рішення великої кількості допоміжних завдань (контроль, діагностика, захист). Кожен з існуючих класів перетворювачів має свої переваги й недоліки, які визначають область раціонального застосування кожного з них.

Найбільш широке застосування в сучасних частотно-регульованих приводах знаходять перетворювачі з явно вираженою ланкою постійного струму.

Типова схема низьковольтного перетворювача частоти представлена на рисунку 1.

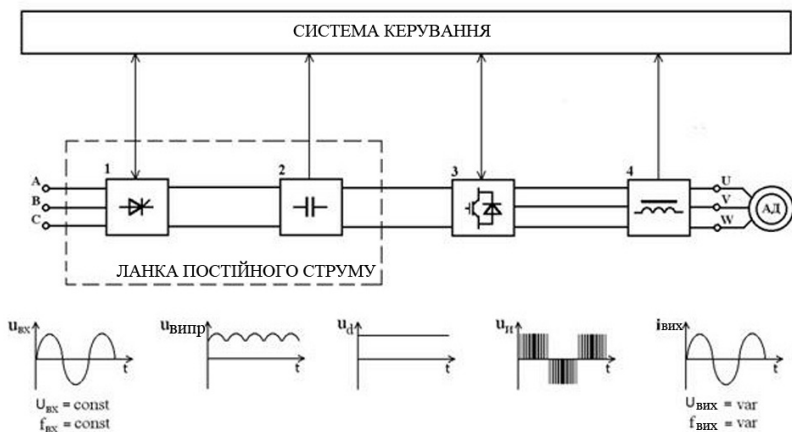


Рисунок 1 – Типова схема перетворювача

За результатами виконаної роботи було проаналізовано та виконано розрахунок імпульсного джерела живлення по елементам, на прикладі повномостової схеми. Вихідна потужність перетворювача склала 60 Вт. Розраховано імпульсний трансформатор ІДЖ: трансформатор має тороїдальну форму осердя, число витків первинної обмотки – 87, вторинної – 7, споживана потужність трансформатора 66 Вт, обрано імпортований матеріал осердя N87 Epcos. Розраховано транзисторний ключ ІДЖ. Обрано транзистор компанії Fairchild марки FQD4P25TM. Він має наступні характеристики, напруга «сток-виток»

VDS=250 В, струм стоку ID = 1,96 А. Обрано драйверну схему керування IR2110, наведено схему її підключення. Проведено розрахунок радіатора. Радіатор має плоску форму, розміщується нагрітою поверхнею вгору. Висота пластини 120 мм, довжина пластини 125 мм, площа поверхні для тепловідводу – 0,015 м<sup>2</sup>.

Перетворювач, що було розраховано і розроблено в рамках даного дослідження може бути використано як при проектуванні чи модернізації електромобіля, так і при створенні й виробництві нового вітчизняного електричного транспорту.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ**

**Шипіленко А.О.**

*Науковий керівник – Герасименко В.А., асистент*

Детально розповідати про значення акумуляторів і акумуляторних батарей в сучасному житті зайве. Без них неможлива робота засобів мобільного зв'язку, електронних пристроїв різного призначення, транспортних засобів.

Щоб акумулятори служили досить довго і справно виконували свої функції, необхідно забезпечити їх правильну технічну експлуатацію. Можна констатувати і той факт, що багато фахівців, зайняті експлуатацією засобів зв'язку, транспорту, джерел вторинного електроживлення не приділяють належної уваги питанням експлуатації акумуляторних батарей, наївно вважаючи, що всі проблеми за них вирішить зарядний пристрій. Але ж експлуатацією акумуляторів займаються не тільки фахівці, а й звичайні користувачі.

Завдяки новим розробкам в області електроніки нескладно придбати сучасні зарядні пристрої, прилади для оцінки якісного стану і рівня заряду акумуляторів і батарей. Це дослідження присвячено опису основних типів акумуляторів і акумуляторних батарей, особливостей їх експлуатації та зберігання, методів заряду, схемотехніки зарядних пристроїв при експлуатації електромобіля.

Електричний акумулятор – хімічне джерело струму, джерело ЕРС багаторазового дії, основна специфіка якого полягає в оборотності внутрішніх хімічних процесів, що забезпечує його багаторазове циклічне використання (через заряд-розряд) для накопичення енергії та автономного електроживлення різних електротехнічних пристроїв і обладнання. Принцип дії акумулятора заснований на оборотності хімічної реакції. Працездатність акумулятора може бути відновлена шляхом заряду, тобто пропусканням електричного струму в напрямку, проти-

лежному напрямку струму при розряді. Кілька акумуляторів, об'єднаних в один електричний ланцюг, складають акумуляторну батарею.

Основними видами акумуляторних батарей зараз є: свинцево-кислотні, літій-іонні та літій-полімерні, нікель-кадмієві, нікель-металгідридні. Нові типи акумуляторних батарей часто характеризуються дуже хорошими параметрами – високою щільністю енергії, числом циклів заряд/розряд до 1000, малими габаритами. Але, на жаль, всі перераховані параметри не можна застосувати одночасно хоча б до одного з них. При малих габаритах і великому струмі розряду батарея має невеликий термін служби. Інша батарея може служити дуже довго, але при цьому буде громіздкою і важкою. Є, звичайно, батареї з високою енергетичної щільністю і тривалим терміном служби, проте для комерційного застосування вони занадто дорогі.

У роботі розглянуто переваги і недоліки сучасних акумуляторних батарей. Вони характеризуються не тільки щільністю енергії, але також терміном служби, вимогами по установці, ступенем саморозряду і експлуатаційними витратами.

Електромобіль – це не тільки батарея і двигун, а й вбудований зарядний пристрій, високовольтна проводка, різні блоки керування. Однак масу запитань викликає лише акумуляторна батарея, все інше в цілому надійне. Зазвичай виробники вказують кількість допустимих циклів заряду-розряду батареї. Сьогодні вже можна стверджувати, що середній термін служби батареї становить близько 8 років. Правильний догляд може продовжити термін служби до 10 років, але при недбалій експлуатації і сильних перепадах температур АКБ може вийти з ладу через 5–6 років. До речі, при морозах умовно ємність батареї падає на 1% при кожному черговому градусі морозу – тобто при  $-20^{\circ}\text{C}$  дистанція пробігу впаде приблизно на 20%, а значить, взимку батарею доведеться заряджати частіше. Проте останнім часом в Україні зими досить м'які, сильні морози бувають лише зрідка і тримаються впродовж кількох днів. Для батареї електромобіля експлуатація в діапазоні від 0 до  $+20^{\circ}\text{C}$  – це ідеальні умови.

Дистанція пробігу безпосередньо залежить від кількості споживачів енергії, тому практично всі електромобілі вже зараз пропонують можливість попереднього прогріву або охолодження салону перед виїздом з паркінгу, поки електромобіль увімкнений у розетку – щоб потім не витрачати на це дорогоцінну енергію з АКБ. Серед інших подібних дрібниць: економічні світлодіодні фари, сонячна батарея на даху, спеціальні налаштування навігатора (маршрут через зарядні станції і/або найекономішій з точки зору витрат енергії), підказки водієві, та ін.

При дбайливій, плавній їзді електрокар цілком може проїжджати паспортний запас ходу.

У роботі розглянуті питання деградації батареї. Так, у проданих в Україні Mitsubishi i-MiEV падіння ємності батареї за 4–5 років становить близько 15–20%. У перших Tesla Model S, які проїхали 100 000 км, падіння ємності АКБ поки не помічено, схоже, що в роботу поступово включають нові сегменти АКБ. Так, сьогодні ціни на АКБ для електрокарів коливаються в діапазоні від 5 до 15 тис. доларів США в залежності від ємності. У майбутньому ціна АКБ повинна падати – компанія Tesla вже заявляла про свою фабрику АКБ, що має знизити ціну чи не впововину. В Україні знаходиться вже майже 40 зарядних станцій, з яких 34 розташовані на АЗС ОККО. Станції встановлені як в великих містах, так і на самих жвавих трасах.

В першу чергу для вирішення проблем експлуатації, підвищення експлуатаційної надійності електроавтомобілів потрібно змінити законодавчу базу. Тоді більшість компаній будуть вкладати кошти в розвиток транспортної інфраструктури для електроавтомобілів, що безпосередньо буде відігравати значну роль у підвищенні надійності роботи акумуляторної батареї. За результатами теоретичних досліджень розроблена інженерна методика діагностики і пошуку несправності акумуляторних батарей електромобіля. Отримані в результаті дослідження параметри дозволяють встановити ступінь надійності використання акумуляторних батарей різних типів. Отримані результати дозволяють правильно підібрати необхідний тип акумуляторних батарей при проектуванні, розробці та модернізації електромобіля.

## **РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ЗАПАЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

***Белов А.Ю.***

*Науковий керівник – Закурдай С.О., канд. техн. наук, доцент*

Процес діагностування системи запалювання здійснюється діагностичною системою керування. Функціональна схема діагностичної системи визначення технічного стану системи запалювання подана на рисунку 1.

Процес діагностування характеризується вхідними і вихідними параметрами. Сукупність значень вихідних параметрів об'єкта діагностування буде визначати його технічний стан. Ця сукупність може бути отримана шляхом здійснення елементарних перевірок. Кожна така перевірка являє собою деякий фізичний експеримент над об'єктом діагностування і визначається зовнішньою дією на об'єкт, а також зна-



ченням відповіді об'єкта на цю дію. Елементарні перевірки, як правило, здійснюються з окремими компонентами об'єкта діагностування, і таким чином визначаються необхідні значення вихідних параметрів системи запалювання.

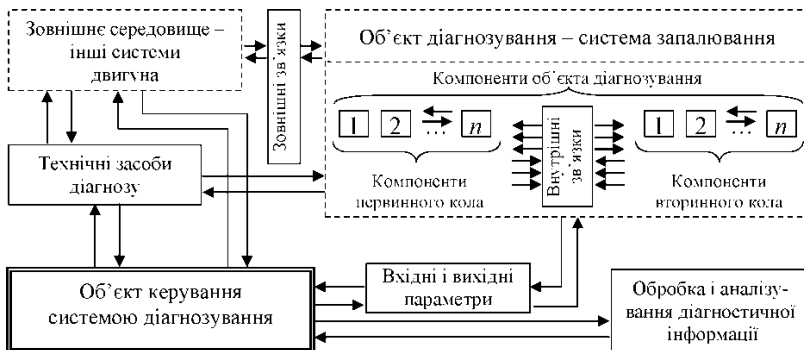


Рисунок 1– Функціональна схема діагностичної системи визначення технічного стану системи запалювання

Формальне описання процесів системи запалювання як об'єкта діагностування і їх поведінки в справному і несправному стані, виражене в аналітичній, табличній або графічній формі, є математичною моделлю об'єкта діагностування. Досить важливим критерієм при побудові математичної моделі діагностування системи запалювання є зменшення кількості елементарних перевірок і визначення оптимальної кількості діагностичних параметрів.

Справний і несправний стан системи запалювання може бути представлений як динамічна система, стан якої в кожний момент часу  $t$  визначається сукупністю вихідних параметрів.

Для описання параметрів, що будуть характеризувати технічний стан системи запалювання, визначаються спектральні характеристики усереднених реалізацій сигналу напруги первинного кола системи запалювання. Це дозволить створити математичну модель процесів, що проходять в системі запалювання при різних умовах роботи.

Створення математичної моделі, яка буде описувати технічний стан системи запалювання, ставить своєю метою автоматичне порівняння сигналів, що досліджуються, з сигналами з бази даних. База даних передбачає описання зразкових сигналів та сигналів з типовими несправностями різних типів систем запалювання. Отже, модель, що пропонується, відноситься до класу явних математичних моделей і її можна подати у вигляді матриці параметрів:

$$M = \begin{pmatrix} X_0 \\ X_1 \\ \dots \\ X_k \end{pmatrix}.$$

Параметри  $X_0, X_1, X_2, \dots, X_k$  характеризують технічний стан системи запалювання. Параметр  $X_0$  характеризує технічно справний стан системи, параметри  $X_1, X_2, \dots, X_k$  характеризують одиночні типові несправності системи запалювання або їх комбінації.

Кожний параметр  $X_i$  можна охарактеризувати процесом зміни спектральних характеристик сигналу напруги в первинному колі системи запалювання. Для описання параметра  $X_i$  подамо його як функцію багатьох змінних – внутрішніх параметрів:

$$X_i = \varphi(F_1, F_2, \dots, F_n),$$

де  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – за своєю суттю характеризують одну окрему несправність системи запалювання.

Отже задача створення математичної моделі зводиться до встановлення зв'язку між параметрами математичної моделі та технічним станом системи запалювання.

## РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*Бугайов Є.М.*

*Науковий керівник – Закурдай С.О., канд. техн. наук, доцент*

Тяговий електричний двигун (ТЕД) є одним із основних агрегатів тролейбуса, тому до його показників надійності висуваються особливі вимоги. Метою технічної діагностики є підвищення надійності ресурсу технічних систем. Як відомо, найважливішим показником надійності є відсутність відмов під час експлуатації технічної системи. Відмова вузлів та агрегатів в роботі під навантаженням може призвести до важких наслідків. Технічна діагностика завдяки ранньому виявленню дефектів і несправностей дозволяє усунути подібні відмови в процесі технічного обслуговування, що підвищує надійність і ефективність експлуатації, а також дає можливість експлуатації технічних систем відповідального призначення за станом.

Рішення задач технічної діагностики завжди пов'язане з прогнозуванням надійності на найближчий період експлуатації. Ці рішення повинні ґрунтуватися на моделях відмов, що вивчаються в теорії надійності.

Для поліпшення якості виконання технічного обслуговування електричного обладнання тролейбусів пропонується сучасний засіб виконання пошуку міжвиткового замикання в обмотках електричних машин. Такий вид замикань є з'єднанням витків всередині обмотки внаслідок пошкодження ізоляції обмотувальних проводів. Найчастіше міжвиткове замикання відбуваються при пошкодженні ізоляції провідників під час рихтування та опади котушок, при укладанні обмотки, через потрапляння припою або стружки між витками, при пробі обмотки на корпус, внаслідок перехрещення проводів в пазовій частини при всипно обмотці тощо. Міжвіткове замикання може бути в одній або декількох секціях якоря або між секціями внаслідок замикання суміжних пластин колектору. При замиканні між кінцями секції або між пластинами колектору, а також при з'єднанні між собою окремих витків секції в обмотці якоря утворюються замкнуті контури.

Запропонований спосіб полягає в тому, що генератор синусоїдальної напруги приєднують до корпусу електричної машини через резистор до обмотки. За свідченнями вольтметра відшукують частоти першого і другого максимумів. Далі підключають до вимірювальної схеми замість генератора синусоїдальної напруги генератор імпульсної напруги. Встановлюють тривалість випробувальних імпульсів

$$\tau_v > \frac{1}{2f_{1m}} + \frac{1}{f_{2m}}.$$

Фронт імпульсів напруги піднімає в обмотці коливальний процес з частотами  $f_{1m}$  і  $f_{2m}$ . Найбільшою величиною володіє амплітуда  $U_1$  першої позитивної напівхвилі коливального процесу з частотою  $f_{2m}$  друга позитивна напівхвиля має меншу амплітуду  $U_2$ , амплітуди всіх напівхвиль убувають по експоненціальному закону. Встановлюють величину порогової напруги  $U_{пор}$ , формувач імпульсів відповідно умові:

$$U_1 > U_{пор} > U_2.$$

Досягнувши першою напівхвилею коливального процесу порогової величини  $U_{пор}$  формувач імпульсів генерує єдиний за період  $T$  імпульс, тривалість якого вибирається з вираження:

$$\frac{1}{4f_{1m}} > \tau_{\phi} + \frac{1}{f_{2m}}.$$

Підстроюванням періоду  $T$  проходження імпульсів генератора імпульсної напруги і регулюванням налаштування виборчого блоку за мінімальним свідченням вольтметра добиваються налаштування на

гармоніку, що відповідає нулю спектру суперпозиції послідовностей імпульсів. По збільшенню зміряної амплітуди гармоніки судять про наявність міжвиткового замикання.

Цей спосіб дозволяє підвищити достовірність міжвиткового замикання обмотки електричної машини, який досягається за рахунок спектрального аналізу, який знімається з обмотки сигналом. Іншою метою є підвищення точності шляхом виділення дефектної половини обмотки.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАГОНІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ у м. ХАРКОВІ**

***Малиновська Н.Ю.***

*Науковий керівник – Закурдай С.О., канд. техн. наук, доцент*

Одним з найбільш важливих напрямків з підвищення ефективності роботи, скорочення витрат на втримання й експлуатації вагонів метрополітену, є діагностування та моніторинг роботи електричного обладнання на основі застосування сучасної й перспективної техніки.

При моніторингу роботи електричного обладнання більше уваги приділяється таким питанням: регулюванню швидкості вагонів метрополітену, керування тяговим електродвигуном, імпульсному регулюванню швидкості й підвищенню якості тяги.

При використанні інноваційних підходів в системі технічної експлуатації вагонів метрополітену пропонується принцип безперервних інновацій, які припускають постійний розвиток та впровадження в діяльність підприємств системи організаційних та технологічних інновацій. Механізми щодо удосконалення вагонів направлені на те, щоб використання сучасних інформаційних технологій; автоматизованих систем діагностики та моніторингу технічного стану вагонів, освоєння технологічних інновацій сприяло підвищенню ефективності використання вагонного парку.

Запропонована інформаційна технологія з використанням багаторівневої автоматизованої системи керування вагонним комплексом будується у відповідності до принципів CALS-технологій, що забезпечує контроль стану вагонів протягом всього життєвого циклу – від проектування до списання – з забезпеченням зворотного зв'язку за результатами експлуатації та діагностування. При цьому виконання ремонтно-профілактичних втручань вагонів будується на моделі «естафетної» виробничої лінії з контролем параметрів технологічного процесу на кожному його етапі. У зазначеній період технічного обслуговування вагонів важливе поєднання інформаційної технології і авто-

матизованої експертної системи діагностики вагонів з прогнозуванням та раннім виявленням несправностей, видачею рекомендацій щодо ремонту та системою моніторингу технічного стану вагонів. Таке поєднання буде сприяти створенню єдиного інформаційного поля, що зберігає доступні для кожного фахівця дані про технічний стан та якість технічного утримання вагонів.

Система реалізує прямий вимір активною і реактивною складових струму витоку ізоляції введення, напруги і частоти мережі з обчисленням  $\tan \delta$  і ємності ізоляції введення, налаштування сигналізації і захисту по заданих граничних рівнях  $\tan \delta$  і ємності. Також система містить пристрої приєднання до об'єкту, підключені, до вимірювальних виведень введень, вузли захисту струмових ланцюгів, підключені до виходів пристроїв приєднання, вузли гальванічної розв'язки і нормалізації струмових сигналів з трансформаторами струму на входах, підключені до виходів вузлів захисту струмових ланцюгів, вузли гальванічної розв'язки і нормалізації сигналів напруги вимірювальними трансформаторами на вході, що одержують вхідні сигнали від мережного трансформатора напруги, мультиплексори аналогових сигналів струму і напруги, вузол вимірювань.

Створення єдиного інформаційного поля на базі АСК-В та АСК-ЕРПВ дозволить вирішити проблему затримки поїздів з-за несправностей вузлів вагонів. Створивши сучасну систему технічної експлуатації вагонів, можна вирішити і інші проблеми інноваційних процесів та впровадження високих технологій в практику технічного обслуговування та ремонту вагонів, якими є запропоновані: сучасні інформаційні технології; автоматизовані експертні системи діагностики вагонів з прогнозуванням та раннім виявленням несправностей і видачею рекомендацій по їх ремонту; системи моніторингу технічного стану вагонів та інші прогресивні технологічні рішення.

## **РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ РЕЖИМИ І ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

*Гурин М.А.*

*Науковий керівник – Далека В.Х, д-р техн. наук, професор*

В нашій країні значна увага приділяється енергозбереженню. Особливо це відноситься до енергоємних галузей, в тому числі і до транспорту. У місті рухомий склад, підприємств МЕТ потребує постійного технічного обслуговування і ремонту. Виконання цих робіт потребує великих трудових витрат і залучення великого числа

кваліфікованих робітників. У зв'язку з цим потрібно значно підвищити продуктивність праці при проведенні всіх видів технічного обслуговування і ремонту електротранспорту. Підготовлені кадри для роботи в господарствах електротранспорту повинні ґрунтовно вивчити процеси технічного обслуговування і ремонту з використанням сучасного обладнання.

В даному проекті було розроблено автоматичний пристрій для заряду акумуляторних батарей асиметричним струмом. Для того щоб більш раціонально використовувати енергоресурси в енергосистемах нашого міста

Асиметричний, або реверсивний, струм визначається наявністю зворотної амплітуди, іншими словами, в кожному циклі він змінює свою полярність. Кількість електрики, що протікає при прямій полярності, більше, ніж при зворотному (відношення зарядної і розрядної складових дорівнює 10:1, а тривалостей імпульсів – 1:2), що і забезпечує заряд акумулятора.

Цей спосіб дозволяє не тільки відновлювати працездатність засульфатованих акумуляторних батарей, а й проводити профілактичну обробку справних.

Пристрій має наступні режими роботи:

1) Режим зарядки – меню «Заряд». Заданий алгоритм роботи пристрою ІuoU (рисунок 1.1). Це означає:

- Перший етап зарядка стабільним струмом  $0.1^{\circ}\text{C}$  до досягнення напруги 14.6В

- Другий етап – зарядка стабільною напругою 14.6В, поки струм не впаде до  $0.02^{\circ}\text{C}$

- Третій етап – підтримку стабільної напруги 13.8В, поки струм не впаде до  $0.01^{\circ}\text{C}$ . Тут С – ємність батареї в Ач.

- Четвертий етап – «добивки». На цьому етапі відстежується напруга на АКБ. Якщо воно падає нижче 12.7В, включається заряд з самого початку.

2) Режим тренування (десульфатації) – меню «Тренування». Тут здійснюється тренувальний цикл: 10 секунд – розряд струмом  $0.01^{\circ}\text{C}$ , 5 секунд – заряд струмом  $0.1^{\circ}\text{C}$ . Зарядно-розрядний цикл триває, поки напруга на АКБ не підніметься до 14.6В. Далі – звичайний заряд.

3) Режим тесту батареї. Допомогає приблизно визначити ступінь розряду АКБ. Батарея навантажується струмом  $0.01^{\circ}\text{C}$  на 15 секунд, потім включається режим вимірювання напруги на АКБ.

4) Контрольно-тренувальний цикл (КТЦ).

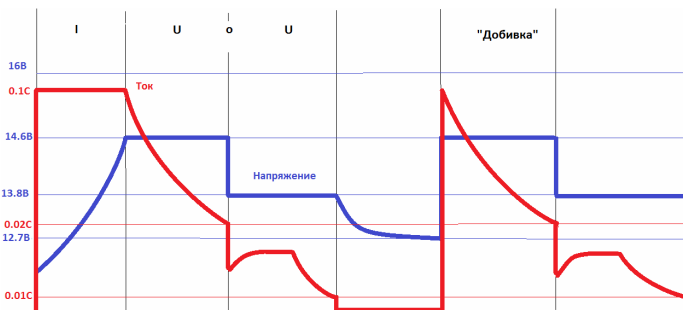


Рис.1 Алгоритм Iuou

Рисунок 1 – Режим зарядки – меню «Заряд». Заданий алгоритм роботи пристрою Iuou

## РОЗРОБКА СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

**Чекаєв С.С.**

*Науковий керівник – Закурдай С.О., канд. техн. наук, доцент*

Для побудови комплексної системи діагностики в першу чергу необхідні засоби вимірювання, які входять до її складу. Принцип вимірювання параметрів АБ на змінному струмі може бути реалізований на персональному комп'ютері з використанням звукової плати. Однак вимірювальну схему необхідно доопрацювати, додавши паралельно досліджуваного елементу розділовий конденсатор, для можливості вимірювання параметрів батарей з номінальною напругою понад 5 В. Крім того, параметр напруги розімкнутого ланцюга необхідний для коректної класифікації АБ. Тому, в вимірювальну систему необхідно додати засіб вимірювання НРЦ. Структурна схема такого виміру представлена на рисунку 1.

Згідно зі схемою частина програми вимірювача є блоком «Генератор синусоїдального сигналу», який управляє звуковою картою і, зокрема, цифровим сигнальним процесором (DSP). Згенерований з заданими параметрами сигнал проходить через процедуру цифро-аналогового перетворення, проходить через фільтри звукової карти і надходить на досліджуваний елемент. Далі отриманий сигнал надходить на вхідні фільтри, відбувається процес аналого-цифрового перетворення, після чого через блок DSP звукової карти і обробляється частиною програми «Вимірювач опору». Блок «Вольтметр» представляє собою перетворювач напруга-частота (ПНЧ). Його вимірювальні щупи підключаються до висновків досліджуваного елемента. Сигнал, що генерується в діапазоні частот 0-20 кГц,

проходить через фільтри звукової карти, перетворюється АЦП і програма «Вимірювач опору» обчислює його поточну частоту. Множенням на коефіцієнти перерахунку, отриманий результат перетворюється в значення напруги досліджуваного елемента.

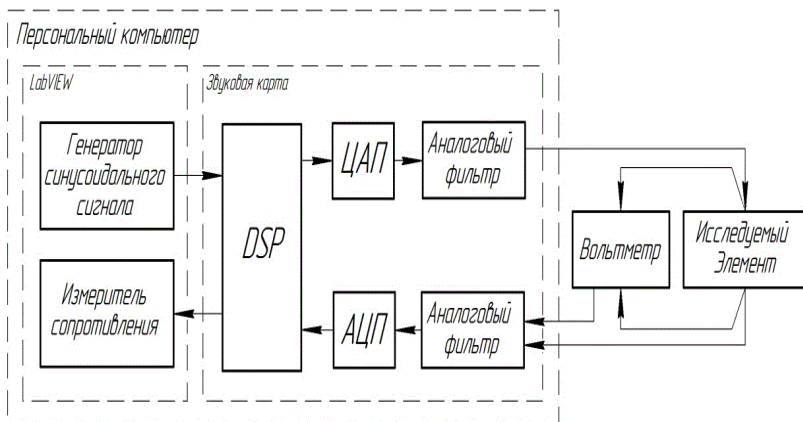


Рисунок 1 – Структурна схема вимірювання параметрів АБ

Розроблене програмне забезпечення «Вимірювач параметрів АБ» дозволяє проводити вимірювання повного, активного та реактивного опорів, кута різниці фаз струму і напруги тестового сигналу, що проходить через досліджуваний об'єкт і напруги розімкнутого ланцюга. Генерація тестового сигналу і вимірювання його амплітуд і фаз виконуються за допомогою звукової карти персонального комп'ютера. Реалізовано режим вимірювання на декількох частотах тестового сигналу для вивчення частотних залежностей параметрів АБ.

Розроблене програмне забезпечення «Аналізатор АБ», яке дозволяє оцінювати експлуатаційні характеристики АБ (номінальну і фактичну резервну ємності) за двома параметрами (активного опору і характеристичної частоти). За допомогою алгоритму класифікації, програма визначає ступінь зарядженості, заявлену номінальну ємність АБ і клас, відповідний якості АБ, щодо інших батарей тієї ж номінальної ємності.



## **ПЕРСПЕКТИВИ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЛІФТА**

**Герман М.В., Пахуций С.П.**

*Наукові керівники – Лисиченко М.Л., д-р техн. наук, професор,*

*Гузенко В.В., асистент*

*(Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка)*

Ліфти, що застосовуються як один з видів підйомно-транспортних машин в багатьох галузях народного господарства, мають велике значення для механізації трудомістких процесів та підвищення продуктивності праці.

Двигуни для електроприводів ліфтів це асинхронні двухшвидкісні двигуни з короткозамкненим ротором, призначений для приводів лебідок пасажирських, вантажно-пасажирських та вантажних ліфтів. Як показує аналіз на основі сучасної науково-технічної літератури, що цифрові системи керування знаходять все більше застосування завдяки своїм перевагам у порівнянні з аналоговими системами. Тому перехід від нерегульованої системи електропривода до регульованої дозволяє значно покращити її технічні характеристики, розширити функціональні можливості системи, значно знизити кількість споживаної електроприводом електроенергії, а також впровадити енерго- і ресурсозберігаюче обладнання і технології.

Як показує дослід наукової літератури, аналогові системи керування мають суттєві недоліки: неможливість оперативно змінювати параметри регуляторів, ускладнений контроль роботи системи електропривода, використання громіздкої елементної бази.

Проведений аналіз електроприводів відповідно до вимог, що пред'являються до ліфтів, а також їх систем керування показав, що в ліфтовому господарстві необхідно впроваджувати асинхронний електропривод з перетворювачем частоти і мікропроцесорною системою керування. Основними перевагами такого електроприводу є: висока надійність, низькі експлуатаційні витрати та відносно невисока вартість

Метою дослідження є аналіз існуючих систем керування та застосування цифрових систем керування електроприводом ліфта з використанням віртуальних моделей в Mathlab Simulinc.

Мікропроцесорна система керування застосовується в перетворювачі частоти для керування асинхронними двигунами. Основним елементом системи керування є контролер, побудований на спеціальному сигнальному мікроконтролері. Ця система ґрунтується на використанні транзисторів і контролерів. Їхня швидкість спрацювання, зчи-

тування, повідомлення і відтворення необхідної інформації дозволяє з економічної вигодою використовувати ці пристрої у ліфтовому господарстві, забезпечуючи легкість в обслуговуванні, контроль, надійність і безпеку, плавність розгону, руху і гальмування, а також точність зупинки кабіни.

Моделювання роботи електроприводу було проведено у програмі MATLAB, в пакеті Simulink, що має широкі можливості виконання математичного моделювання, створюючи модель з простих блоків. Також в середовищі Simulink містяться блоки, які дозволяють візуалізувати процеси моделювання електроприводу в реальному часі.

Таким чином, застосування асинхронного електроприводу з перетворювачем частоти і мікропроцесорною системою керування дозволить підняти на більш високий рівень ліфтове господарство міста.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУСИЛЬ НА ТРАМВАЙНИЙ ВАГОН ТА СИСТЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ ДОДАТКОВОЇ ЕНЕРГІЇ З РУХОМИХ ЧАСТИН ТРАМВАЯ**

**Кац Л.О.**

*Науковий керівник – Зубенко Д.Ю., канд. техн. наук, ст. викладач*

Під дією динамічного навантаження руху вагона елементи рейкової колії зазнають ряд найскладніших деформацій і при несприятливому збігу обставин деякі з елементів колії можуть отримати небезпечні напруження, а вагон придбати нестійкі, тобто небезпечні форми руху.

Рейковий шлях базується на пружних опорах. У цьому полягає одна з його найхарактерніших небезпек. Залізничні колії постійно зазнають ряд пружних найскладніших деформацій.

Вписування трамвайних вагонів у криволінійні шляхи характеризується обмеженнями, приписувані правилами технічної експлуатації в частині швидкості руху в кривих певного радіуса. Це обумовлено тим, що при русі в кривій з'являється небезпека втрати стійкості трамвайним вагоном, що виражається, в основному, або перекиданням вагона в бічному напрямі, або в'їздом колеса на рейку.

Аналіз зусиль при вписуванні дозволяє теоретично оцінити стійкість вагона в кривій. Це особливо актуально у зв'язку зі зростаючими швидкостями і інтенсивністю руху, а також у зв'язку з відсутністю критеріїв оцінки стійкості для трамвайних вагонів.

Технічна думка не перестає невпинно працювати над винаходом такої конструкції рейкових колій, над створенням таких способів розрахунку цієї конструкції і над виробленням таких методів утримання колії, які при найменших витратах матеріалу, грошей і праці давали б

шлях, безпечний для руху важких трамваїв і поїздів з малою і великий швидкостями.

У даній роботі розглянуті питання визначення напрямних зусиль на електронну обчислювальну машину і дана оцінка критерії безпеки при русі вагона в кривій. Рейковий шлях базується на пружних опорах. У цьому полягає одна з його найхарактерніших небезпек. Залізничні колії постійно зазнають ряд пружних найскладніших деформацій.

Мета роботи дослідити процеси вписування трамвайних вагонів в колію, оцінка безпеки руху та системи генерації додаткової енергії з рухомих частин трамвая.

Становище екіпажу в кривій залежить від діючих на нього сил: частини відцентрових сил, що не урівноважена піднесенням зовнішньої рейки, що є функцією швидкості руху; сил тертя; розвиваються в опорних точках коліс на рейках і направляючих зусиль у вигляді впливу рейок на гребені бандажів набігаючих на них коліс.

Відцентрова сила викликає збільшення тиску зовнішніх коліс на рейки і відповідне зменшення навантажень внутрішніх коліс. Це частково компенсується піднесенням зовнішньої рейки в кривих ділянках колії. При русі вагона в кривих має місце кочення коліс по рейках і частково ковзання їх і, нарешті, переміщення за рахунок деформації матеріалу рейок і бандажів в їх контактній зоні.

Профіль бандажа і рейки повинні бути поношені не більше допустимих норм. Бажано, щоб експлуатувалася середньо зношена пара "колесо-рейка". Особливо небезпечно взаємодія гранично зношеного рейки і нового колеса з незношеного профілем бандажа. Бічний нахил гребеня бандажа відіграє найважливішу роль при безпеці руху.

Існують різні критерії, що визначають безпеку руху екіпажів в кривій. Їх можна розбити на дві групи: що оцінюють навантаження внутрішнього колеса вагона або критерії втрати стійкості в поперечному напрямку та оцінюють можливість в'їзду колеса на рейку при вписування або критерії сходу екіпажу з рейок.

Якщо в системі ресорного підвішування сили опору відсутні або невинновано малі, то при русі вагона по періодичним нерівностей шляху можуть виникнути великі амплітуди коливань кузована, особливо при резонансі, коли частоти вимушених і власних коливань рівні. Тому для гасіння таких коливань в систему ресорного підвішування вводять спеціальні пристрої – фрикційні або гідравлічні гасителі (демпфери).

Демпфер – пристрій для гасіння коливань (демпфірування) і поглинання поштовхів і ударів рухомих елементів (підвіски, коліс), а також корпусу самого транспортного засобу, за допомогою перетво-

рення механічної енергії руху (коливань) в теплову. При несправних гасителях коливань або неправильному виборі їх параметрів значно зростають переміщення і прискорення коливань кузова на ресорах, погіршується плавність ходу вагонів, збільшується знос ходових частин, підвищується рівень навантаженості несучих вузлів конструкції. Демпфірування коливань здійснюється виключно гідравлічними гасителями коливань. У візках з кращими ходовими якість використовуються гідравлічні демпфери, які забезпечують роздільне гасіння вертикальних та горизонтальних коливань. Принцип дії гасителів заснований на гасінні коливань за рахунок перетікання рідини з однієї порожнини в іншу через дросельні отвори малого перетину. При цьому механічна енергія коливань перетворюється в теплову, яка потім розсіюється в навколишнє середовище.

Технічний результат, який досягається наведеної сукупністю ознак, полягає в забезпеченні зниженні рівня шуму і забезпеченні плавності ходу трамвайного вагона при русі по рейковому шляху, зниженні динамічного впливу на трамвайний вагон і на шляху за рахунок зменшення невідрахованої маси і ефективної системи амортизації і демпфірування, зниженні структурного шуму від ходової частини, збільшення міжремонтних пробігів, підвищенні надійності, ресурсу та ремонтпридатності тягового приводу.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПЧ-АД ФІРМИ «ШНАЙДЕР ЕЛЕКТРИК» ТА ВИКОРИСТАННЯ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ м. ХАРКІВ**

***Жадан Ю.О.***

*Науковий керівник – Фатєєв В.М., канд. техн. наук, доцент*

Ліфт – це складний механізм, який постійно знаходиться в русі і піддається значним навантаженням. Установка ліфта як в багатоквартирних будинках, так і в адміністративних або офісних будівлях, викликана, як правило, не тільки міркуваннями комфорту, але і необхідністю. Переміщення між поверхами великих груп людей і деяких категорій громадян (обмежені в мобільності люди, пенсіонери) можливе тільки при наявності вантажопідйомного механізму.

Основними складовими частинами ліфта є: лебідка, кабіна, протитяга напрямні кабіни і протитяга, двері шахти, обмежувач швидкості, вузли та деталі приямку, електрообладнання та електророзводка.

Транспортування пасажирів і вантажів здійснюється в кабіні, яка переміщується по вертикальних напрямних.

Пересування кабіни і протитяга здійснюється лебідкою встановленої в машинному приміщенні, за допомогою тягових канатів. Там же

розміщені обмежувач швидкості, пристрій управління, ввідний пристрій.

У нижній частині шахти (приямка) розташоване натягач каната обмежувача швидкості, пов'язане за допомогою каната з обмежувачем швидкості, а також буферні пристрої кабіни і противаги.

Для входу в кабіну і виходу з неї шахта по висоті має ряд отворів закритих дверима шахти. Відкривання і закривання дверей проводиться за допомогою приводу, встановленого на кабіні. Двері шахти відкриваються тільки тоді, коли кабіна знаходиться на даному поверсі. У разі відсутності кабіни на поверсі відкривання дверей шахти зовні можливо тільки спеціальним ключем.

Головна метою роботи є дослідження ланцюгової безпеки. Основним елементом безпеки ліфта є: дверні контакти, автоматичні дверні затвори, уловлювачі, кінцеві вимикачі, обмежувачі швидкості і вантажопідйомності.

Двері ліфтової шахти повинні мати контакти, що унеможливають пуск кабіни при відкритих дверях. Шахтні двері та патенти забезпечені затворами, які автоматично закриваються при підйманні кабіни з рівня даного поверху на будь-яку відстань.

Уловлювачі, якими оснащують ліфти, призначені для утримання кабіни в шахті у випадках обрив чи послаблення канатів, а також при збільшенні швидкості її руху вниз на 40% і більше у порівнянні з номінальною. Керує уловлювачами механічний пристрій – «обмежувач швидкості».

Додатково на кабіні встановлено ланцюг датчиків які стежать за натягом канатів СПК, ДУСК(сигнал повного кабіни, додатковий пристрій контролю слабінні канатів), і датчик спрацьовування уловлювачів. При спрацьовуванні будь-якого з них відбувається зупинка ліфта.

Ліфти та патенти оснащені кінцевими вимикач, які призначені для автоматичної зупинки приводу ліфта у випадку переходу кабіною верхнього чи нижня крайнє положення більше чим на 0,2 м.

Для забезпечення безпечного обслуговування і ремонту ліфтового обладнання, існує ланцюг кнопок «стоп», при натисканні яких наладжується заборона на рух кабіни. Після ремонтних робіт, монтажник повинен віджати кнопку, і тільки після цього ліфт може продовжити свою роботу.

Тільки сукупність всіх елементів безпеки ліфта та належного розрахункову роботу ліфта. В даний час на всіх сучасних ліфтових системах, встановлені по кілька ланцюгів безпеки. При спрацьовуванні будь-якого датчика з будь-якого ланцюга припиняється рух ліфта і

спрацьовує сигналізація відправляє сигнал про помилку в диспетчерський пункт.

Таким, чином, готовність ліфта до експлуатації – неодмінна умова комфортного проживання та безперешкодного здійснення робочої діяльності в міській зоні. Тим не менш, навіть найякісніші та надійні ліфти не вічні – відповідно до норм термін експлуатації ліфта становить 25 років, після закінчення яких проводиться технічний огляд, а за його результатами робиться висновок про необхідність модернізації ліфта або його заміни.

Модернізація ліфта – комплекс робіт з поліпшення техніко-експлуатаційних характеристик і продовження терміну експлуатації ліфта шляхом заміни окремих складових частин на більш сучасні безпосередньо на місці експлуатації без зміни вантажопідйомності, швидкості і кінематичної схеми ліфта, які не викликають збільшення або перерозподілу навантажень на елементи ліфта. Продовжує термін експлуатації ліфта на 18 років.

Забезпечення правильної організації охорони праці та гнучкість застосування тих чи інших засобів і пристосувань можливі тільки при економічних методах управління. Від працівників служби техніки безпеки потрібне подальше вдосконалення методів роботи, спрямоване насамперед на перехід від контролю до управління безпекою праці та широке залучення до вирішення питань охорони праці науково-дослідницьких організацій. Особлива увага повинна приділятися експлуатації технологічного обладнання, електроустановок.

Періодичні технічні огляди проводяться не рідше одного разу на рік і включають огляд, статичне та динамічне випробування.

Відповідальність за технічний стан і безпечну експлуатацію ліфтів покладаються наказом на обличчя з технічної адміністрації підприємства, якому належить ліфт, або на особу зі спеціалізованої організації, що здійснює за договором нагляд за ліфтами.

Ліфт вважається досить складним механізмом, який знаходиться в постійному русі. Саме тому він потребує регулярного професійному огляді. Обслуговування ліфтів здійснюється швидко, якісно і за доступними цінами.

## ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ТРАНСПОРТУ

**Уханов О.Ю.**

*Науковий керівник – Далека В.Х., д-р техн. наук, професор*

До основних нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії відносять: енергію сонця, вітру, тепла землі, біомаси (органічні відходи в господарській діяльності людей, енергетичні плантації), океанів та морів (наприклад, припливи та відливи, температурний градієнт); нетрадиційні види гідроенергетики (малих річок, гідроакumuлюючих систем), а також вторинні енергетичні ресурси (теплові відходи промислових та сільськогосподарських підприємств).

Використання енергії сонця для енергопостачання депо: перспективним джерелом тепла в Україні є енергія сонця. Рівень інсоляції становить від 3,8 ГДж/м<sup>2</sup> на заході до 4,99 ГДж/м: — на півдні країни. Інтенсивність сонячного випромінювання в Україні складає приблизно 3,48 МВт·год на рік. Тому сонячну енергію можна достатньо ефективно використовувати для теплопостачання будівель і підприємств. Здійснюють таке теплопостачання переважно за двома принциповими схемами, які передбачають пасивне або активне використання сонячної енергії. Системи сонячного теплопостачання передбачають влаштування сонячних колекторів на даху під кутом 45...50° або на вертикальних південно орієнтованих огорожуючих конструкціях. Площа сонячного колектора займає значну площу і тому є визначним формоутворюючим елементом будівлі. Крім того, поверхня сонячного колектора може бути гладкою плоскою, хвилястою, трубчастою або ребристою і до того ж чорного кольору для кращого поглинання сонячної енергії.

У випадку встановлення на будівлі замість сонячних колекторів сонячних концентраторів, як правило, параболоциліндричної форми, задача архітектора спрощується, оскільки їх можна розташовувати на плоскому даху, тобто розташувати так, щоб вони були невидимі з землі і не впливали на зорове сприйняття депо в цілому.

Крім систем сонячного теплопостачання, використовують сонячні фотоелектричні установки, які безпосередньо перетворюють сонячну радіацію на електричну енергію за допомогою напівпровідникових фотоелектроперетворювачів. В цих установках для роботи приладів змінного струму передбачають інвертори.

Перспективним напрямом енергопостачання є біоенергетика, де джерелом енергії є біомаса. В даному випадку під цим терміном розуміють відходи, які мають органічну природу, тобто всі види рослин,

відходи сільського господарства (рослинні та тваринні), відходи деревообробної та інших видів промисловості. Використання біомаси як джерела енергії до недавнього часу зводилося до прямого спалювання її у відкритому вогнищі або в печах і топках з відносно низьким ККД. Крім того, недоліком біомаси як палива є відносно великий, порівняно з іншими видами палива, вміст вологи. При використанні біомаси як джерела енергії доцільнішою є технологія отримання з біомаси біогазу, який є сумішшю метану та вуглекислого газу і який в подальшому використовують як паливо. Біогаз отримують в анаеробних умовах у спеціальних біореакторах, які обладнані і відрегульовані таким чином, щоб при зброджуванні біомаси забезпечити максимальне виділення метану. Якщо реактор працює нормально, отриманий біогаз містить 60...70% метану 30...40 % двооксиду вуглецю, невелику кількість сірководню, а також суміші водню, аміаку та оксиду азоту. Енергія, яку отримують при спалюванні біогазу, може досягати 60...90 % енергії вихідного матеріалу, в той час як при прямому спалюванні вихідного матеріалу ця величина становить 35...50 %.

Ще одним важливим способом альтернативного енергопостачання є використання вітроенергетичних установок (ВЕУ), які перетворюють кінетичну енергію вітрового потоку в електричну за допомогою генератора. Лопаті ВЕУ використовуються для обертання центральної ступиці, яка під'єднана через коробку передач до електричного генератора. При цьому швидкість вітру і площа, що охоплюється лопатями вітротурбіни, є найважливішими факторами, що впливають на кількість енергії, яку ВЕУ може перетворити в електроенергію. Енергія вітру змінюється пропорціонально кубу швидкості вітру. Тобто, якщо швидкість вітру подвоюється, то кінетична енергія, яку отримає ротор, збільшиться у вісім разів.

Таким чином практично усі перераховані нетрадиційні джерела енергії можуть бути використані на підприємствах транспорту.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА З ДОСЛІДЖЕННЯ АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ НА ТРАНСПОРТІ**

***Черненко І.С.***

*Науковий керівник – Далека В.Х., д-р техн. наук, професор*

Використання акумуляторів електричної енергії для забезпечення руху електричного транспорту є першочерговим завданням через те що передача електричної енергії до споживача по дроту має низький ККД. Це обумовлюється тим що провідник має деякий опір, що призводить до його нагрівання під час проходження по струму тим самим



виникають значні втрати електричної енергії. Провідники прив'язують електричний транспорт до контактної мережі тому це не дозволяє в значній мірі змінювати маршрут відповідно до потреб споживачів, тобто відсутня мобільність. Також значна кількість електроенергії спалюється на реостатах під час гальмування. Цих витрат енергії можна уникнути завдяки впровадженню акумуляторів енергії на електричний транспорт. Тому підвищення рівня ресурсозбереження завдяки винайденню акумулятора який буде мати високу енергетичну щільність, низькі внутрішні втрати, великий строк служби, низьку ціну та був безпечним для людей які будуть знаходитися поруч є головним завданням.

На теперішній час відомі такі основні типи акумуляторів енергії як гіроскопи(маховики), хімічні акумулятори, суперконденсатори та ін.

Електрохімічний акумулятор – це пристрій для зберігання енергії в хімічній формі, яка може використовуватися для живлення електричних приладів. Акумулятор працює завдяки тому, що два різних металу, перебуваючи в кислотному розчині, коли проходить хімічна реакція виробляється електрична енергія, А за рахунок оберненої хімічної реакції енергія запасується. Всі акумулятори, незалежно від електрохімічної системи, характеризуються напругою, електричною ємністю, внутрішнім опором, струмом саморозряду і терміном служби.

Маховики почали використовувати ще з давня для полегшення роботи гончари використовували його на своїх гончарних кругах та в Китаї на вітряних млинах щоб махове колесо запасало енергію коли дме вітер та віддавало її коли вітер стихав це забезпечувало не приривну подачу води для поливу. Також в техніці в кривошипношатунних механізмах використовують маховики для подолання так званих мертвих точок.

Отже основним принципом роботи маховика є накопичення енергії за рахунок обертання навколо своєї осі тобто чим більша частота обертання тим більша кутова швидкість а отже і більша інерційна сила і пропорційно цій силі зростає кількість енергії яку здатен накопичити маховик при тій самій вазі. Отже ключом до супер накопичувача є збільшення обертів. Але при збільшенні частоти обертів збільшується відцентрова сила яка прагне розірвати маховик на частини тому по етапам розвитку даного методу накопичення енергії та вдосконалення його конструкції було створено різні види маховиків.

Суперконденсатор має дві обкладки з активованого вугілля, залиті електролітом. Між ними розташована мембрана, яка пропускає еле-

ктроліт, але перешкоджає фізичному переміщенню частинок активованого вугілля між обкладками.

До основних переваг суперконденсаторів відносять велика кількість енергії яку вони можуть в короткий час на відміну від акумулятора. Суперконденсатори здатні витримати сотні тисяч циклів заряду-розряду, перевершуючи за цим параметром акумулятори приблизно в 100 разів. Але ці конденсатори не обійшлися без не доліків основним із них є не велика енергетична щільність тобто при одній і тій же максимальній кількості накопиченої енергії, в порівнянні з електрохімічним акумулятором, конденсаторна батарея буде важити в кілька разів більше. Саме через цю проблему суперконденсатори не можуть повною мірою витіснити акумуляторні батареї.

*Принцип роботи та конструкція лабораторного стенду.* Лабораторний стенд являє собою раму на якій закріплені дві підшипникові опори в яких встановлено вал з закріпленням на ньому маховиком. До цього маховика шляхом різьбового з'єднання прикручені перехідні фланці які забезпечують компенсацію непрямолінійності осей обертання за рахунок встановлених між фланцями резинових прокладок до яких підєднуються два двигуни, один з яких працює в режимі двигуна моделі ЄК-8 і живиться від мережі 220 В, а другий являє собою двигун постійного струму моделі ПЛ 072, до якого за рахунок чотирьох позиційного перемикача можна підключити акумулятор, конденсатор, або навантаження в якості якого виступає резистор, також є можливість включення холостого ходу генератора. Також стенд обладнаний реле часу для вимкнення двигуна ЄК-8 для недопущення занадто великих обертів маховика. Обмотки збудження отримують живлення від трансформатора напруга змінна напруга від якого через діод ний випрямляч перетворює її в постійну. Також можливе підключення одразу двох обмоток збудження або їх почергова робота за рахунок перемикача. Струм через обмотки збудження можна обмежити за рахунок потенціометрів контролюючи його за амперметром, за рахунок цього можна добитися потрібної напруги низьковольтного ланцюга лабораторного стенду.

Принципова електрична схема наведена на рисунку 2,структурна схема лабораторного стенду приведена на рисунку 1.

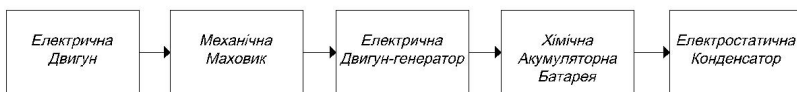


Рисунок 1 – Структурна схема лабораторного стенду

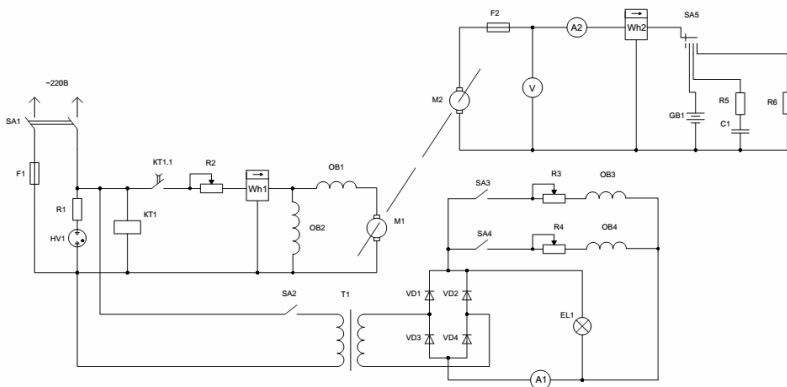


Рисунок 2 – Електрична принципова схема лабораторного стенду

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГЕНЕРАТОРА КОМБІНОВАНОГО ЗБУДЖЕННЯ ДЛЯ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЕЙ ТА ТРАКТОРІВ

**Мартинов Ю.В.**

*Науковий керівник – Ліньков В.В., канд. техн. наук, доцент*

Для автономних систем електропостачання вантажних автомобілів та тракторів представляють інтерес генератори комбінованого збудження індукторного типу з пульсуючим магнітним потоком. Основними недоліками таких генераторів є відносно погані масо-габаритні показники, що пояснюється низьким ступенем використання магнітного потоку в повітряному зазорі. Причиною цього є уніполярні пульсації магнітного потоку через зубчастого будови індуктора генератора. Підвищення використання магнітного потоку можливо за рахунок застосування постійних магнітів, розміщених в пазах індуктора. У цьому випадку магнітний потік між зубцями індуктора змінює свій напрямок і перша гармоніка результуючого поля збудження, утвореного спільною дією намагнічують обмотки збудження і постійних магнітів, призводить до збільшення ступеня використання магнітного потоку. У такому генераторі більша частина магнітного потоку створює ЕРС в обмотці статора, а постійна складова значно зменшена за рахунок зміни полярності магнітного потоку в зазорі. Це дозволяє знизити товщину втулки ротора і корпусу, обсяг концентричної обмотки збудження. Комбіноване збудження забезпечує надійне самозбудження і регулювання напруги автотракторного генератора. Надійне кріплення постійних магнітів на роторі забезпечується шляхом заливання магнітів не-

магнітними сплавами, напресовки на ротор тонкостінного циліндра з немагнітного матеріалу або виконання зубців ротора і магніту таких конфігурацій, ротора і магніту таких конфігурацій, які б забезпечили їх надійне кріплення між собою.

Спроекований і виготовлений генератор потужністю 1 кВт. Генератор виконаний по типу аксіальної збуджуємої індукторної машини з кільцевою нерухомою обмоткою збудження на статорі. У пакеті статора знаходиться п'ятифазна катушечна обмотка, полуфази якій розташовані на десяти зубцях статора, що має напівзакриті пази. Безобмотковий ротор має шість зубців, в пазах якого розташовані шість постійних магнітів. Магнітний потік, створюваний обмоткою збудження  $\Phi_f$ , замикається через станину 6, пакет статора і індуктора і циліндр індуктора.

Магнітний потік постійних магнітів  $\Phi_m$  частково замикається в пакеті статора через зубці індуктора, а частково в аксіальному напрямку через станину і циліндр індуктора. Напрямок цього потоку в станині і циліндрі індуктора, протилежно потоку, створюваному обмоткою збудження, що і зменшує постійну складову магнітного потоку. У пакеті ротора всі постійні магніти утворюють полюси однієї полярності, полюса іншої полярності утворюють зубці індуктора. Таким чином у зовнішній магнітного ланцюга генератора потоки обмотки збудження і постійних магнітів мають протилежний напрямок, але в пакетах статора і ротора вони спрямовані згідно.

П'ятифазна катушечна обмотка статора покладена в пази сердечника статора. Дві котушки обмотки статора, з'єднані послідовно і розташовані на протилежних зубцях, утворюють одну фазу. Зсув між осями фаз обмотки становить  $2\pi / 5 = 72$  геометричних градусів. Число пар полюсів генератора визначається числом зубців ротора

$$p = z_c = 6$$

Тоді число пазів на полюс і фазу буде:

$$q_1 = \frac{z_c}{2p} = \frac{10}{12 \cdot 5} = \frac{1}{6}$$

Зубці ротора являють собою полюси однієї полярності, а постійні магніти інший. Магнітні потоки полюсів південний та північний полярності в повітряному зазорі спрямовані згідно.

Обмотка статора з'єднується в п'ятипроменеву зірку або багатокутник, що дозволяє змінювати величину випрямленої напруги приблизно в два рази.

На тимчасовій діаграмі зміни ЕРС генератора показані інтервали роботи катодного групи вентилів В1; В3; В5; В7; В9 і анодної групи

B2; B4; B6; B8; B10. Величина кута комутації  $\gamma$  залежить від величини комутуючий індуктивності генератора, яка в режимі двофазного короткого замикання може бути прийнята рівною  $X_d$ ". Процес переходу струму з однієї фази генератора на іншу (комутація вентилів) спотворює форму випрямленої напруги і зменшує його величину. Миттєве значення випрямленої напруги визначається лінійною напругою генератора, яке в комутаційному інтервалі зменшується за рахунок немиттєвого переходу з фази у фазу. Кожен клапан анодної групи по черзі працює з двома клапанами катодної групи. Наприклад, клапан B1 фази A в перебігу інтервалу в  $36^\circ$  працює з клапаном B6 фази c, а решта  $36^\circ$  працює з клапаном B8 фази D. Тоді в зазначеному інтервалі величина миттєвого напруги буде:

$$U_{AD} = U_A - U_D = 2U_A \cos 18^\circ = 1,9U_A$$

Струм має несинусоїдальний характер, і, за відсутності згладжує дроселя в ланцюзі навантаження, в кривій випрямленої струму з'являються пульсації, частота і величина яких залежить, насамперед, від фазності генератора. Приведені тимчасові діаграми зміни випрямленої напруги на анодній і катодній групах вентилів моста.

Розглянутий генератор виконаний за схемою самозбудження. Самозбудження забезпечується постійними магнітами. Напруга в процесі самозбудження подається на п'ятифазний некерований випрямляч з нульовим виводом і потім на обмотку збудження генератора.

Так як величина комутуючий індуктивності визначається не тільки фазами генератора, а й індуктивністю обмотки збудження, то спостерігається сильне спотворення випрямленої напруги. З'являються значні пульсації, обумовлені великим кутом комутації  $\gamma$ .

1. Розглянуто особливості конструкції генератора з комбінованим збудженням.

2. Запропонована і проаналізовано роботу електричної схеми п'ятифазний генератора на автономне навантаження і акумуляторну батарею.

3. Розроблено математичну модель генератора з комбінованим збудженням. За допомогою виразів математичної моделі можна досліджувати й аналізувати роботу генератора в стаціонарних і перехідних режимах.

# ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ СОНЯЧНОГО ТРЕКЕРА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

**Іващенко М.О.**

*Науковий керівник – Дзюбенко О.А., канд. техн. наук, доцент  
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)*

*Вступ.* При експлуатації сонячних панелей їх ефективність визначається якістю вибору конструкції, електроприводу та алгоритму роботи системи. Розробка та оптимізація конструкції має актуальне значення для підвищення ефективності роботи.

*Мета роботи.* Підвищення ефективності роботи сонячної електростанції за рахунок точного позиціонування сонячних панелей в відношенні до сонця.

*Матеріали і результати досліджень.* Основною вимогою до сонячних електростанцій, як і до будь-якого іншого пристрою, перетворюючого один вид енергії в інший являється його ефективність в заданому діапазоні експлуатаційних умов.

До недавнього часу застосовувалися пасивні системи, або системи з ручним наведенням, які не володіють достатньою гнучкістю і точністю регулювання, в слідстві чого втрачали свою ефективність (табл. 1).

Таблиця 1 – Залежність втрат від кута падіння сонячних променів

Усереднена таблиця втрат на сонячних панелях в залежності від кута нахилу сонця до панелі	
Кут падіння сонячних променів	Втрати(%)
Мертва зона – більше 50 градусів	100
Зона від 40 до 50 градусів	35.1
Зона від 30 до 40 градусів	18.3
Зона від 20 до 30 градусів	9.8
Зона від 10 до 20 градусів	3.3
Зона від 0 до 10 градусів	0.7

Зазначених недоліків не мають активні системи, які в свою чергу діляться на одновісні і двовісні. Двовісні системи мають найвищу ефективність, але їх застосування обмежене складністю і дороговизною конструювання.

На сьогоднішній день кріпленню сонячних панелей приділяється значна увага, так як від цього безпосередньо залежить стійкість всієї конструкції і способи регулювання положення панелей.

Головне завдання сонячного трекера полягає в необхідності досягнення найбільш якісного повороту платформи під прямим кутом до

сонячних променів. Досягти максимально якісного виконання завдання по визначенню положення панелей до сонячних променів можна декількома методами:

- порівнюючи дані з фотоелементів;
- з використанням таймерів;
- за допомогою алгоритму сонячної позиції.

Оскільки сонце протягом дня переміщується не тільки по горизонталі, але і по вертикалі, то ці системи управління відстежують зміну обох положень і, відповідно до отриманої інформації, видають команди на поворот платформи навколо горизонтальної або вертикальної осей. У загальному випадку така система (рис. 1) управління складається з фотодатчика, перетворювача (П) сигналу з цього датчика, підсилювача сигналу, мікроконтролера (МК), пристрою керування двигуном (ПКД), самого двигуна і, нарешті, безпосередньо платформи, на якій кріпиться сонячна панель.



Рисунок 1 – Блок-схема системи управління трекера

*Висновки.* Запропонована система управління сонячного трекера дозволяє досягти максимальної ефективності використання сонячних електростанцій.

## РОЗУМНІ ДОРОГИ – ЕЛЕКТРОФІЦІРОВАНІ ДОРОГИ МАЙБУТНЬОГО

**Киценко О.Р.**

*Науковий керівник – Гнатів А.В., д-р техн. наук, професор (Харківський національний автомобільно-дорожній університет)*

Останнім часом, галузь дорожнього господарства переживає період інтенсивного розвитку. У сфері будівництва намітилися тенденції до активної реалізації глобальних фінансових програм, спрямованих на перетворення і поліпшення якості доріг, впровадження нових матеріалів і технологій. В цей час, дорогу вже варто сприймати не як відокремлений елемент будівництва, а як яскраву невід'ємну ланку всього

архітектурного ансамблю місцевості, що підкреслюють красу і неповторність того чи іншого інтер'єру міста. А також, сучасні дороги, повинні стати джерелом енергії, який зможе не тільки забезпечити свої власні потреби, але і віддасть надлишок енергії іншим споживачам.

Останнім досягненням сучасності стало проектування, розробка та впровадження в практику доріг нового покоління – «Розумні дороги». Вона світиться в темряві, попереджає водіїв про появу небезпечних ділянок, відстежує стан трафіку і реагує на проблеми, що виникли, «підзаряджається» і «заряджає» автомобілі при їх русі і т.п., тобто, оснащена комплексом останніх досягнень науки і техніки.

Мета роботи. Проведення аналізу існуючих видів сучасних інноваційних доріг та з урахуванням всіх їх недоліків та переваг запропонувати систему «Розумні дороги» в якості верхнього слою панелей дорожнього покриття.

Матеріали і результати дослідження. Конструкція пропонованої панелі, як структурного елементу системи «Розумна дорога» представлені на рисунку 1.

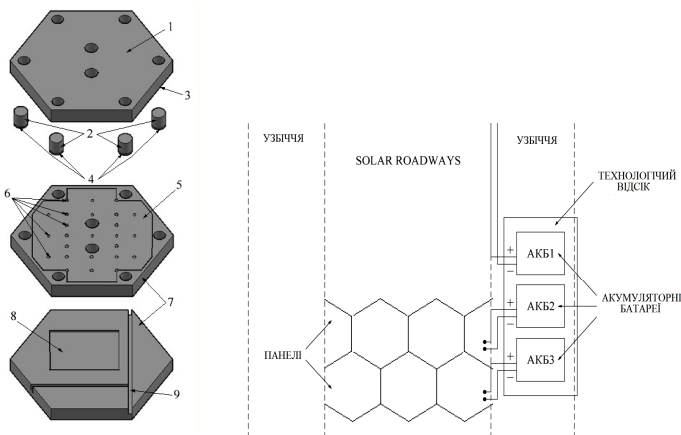


Рисунок 1 – Концептуальне рішення панелі «Розумна дорога» для шляхів України, ліворуч – схема панелі, праворуч – схема системи: 1 – прозора захисна кришка з оргскла; 2 – опора кришки; 3 – нагрівальні волокна; 4 – п'єзоелемент; 5 – сонячна панель; 6 – світлодіоди; 7 – підкладка з склотекстоліту; 8 – відсік для плати керування; 9 – жолоб для електричних з'єднань

Кожна панель складається з 3-х основних складових елемента: перший – захисна верхня кришка з опорами (цей елемент конструкції виконаний з високоміцного оргскла, з наклеєним з внутрішньої сторони електричним нагрівальним елементом у вигляді нагрівальних волокон, в основі опор встановлені п'єзoeлектричні елементи, які в свою



чергу так само здатні виробляти електрику при стисканні); другий – блок органічних сонячних батарей зі світлодіодами (в даному шарі встановлені світлодіоди і сонячні модулі розташовані по всій площині); третій – основа панелі з електронними платами управління і жолобом для кабельної проводки (даний модуль не вимагає пояснення, так як в ньому встановлені плати управління всією панеллю і кабельні проводки для з'єднання панелей між собою і підключення до електричної мережі). 1000 таких панелей приєднані на одну АКБ, яка знаходиться в технологічному відсіку, розташованому поруч з «Розумною дорогою», під узбіччям, рис. 1 (праворуч).

В світлу частину доби сонячна енергія через сонячні панелі накопичується в АКБ на узбіччі дороги. Також енергія з панелей надходить від п'єзоелементів при проїзду по панелі автомобіля. В темну пору доби накопичена енергія з АКБ витрачається на роботу самої панелі та на світлодіоди, які прорисовують динамічну розмітку «Розумної дороги» та підсвічують (у разі необхідності) визначені частини дороги. Надлишок електричної енергії йде до інших споживачів електроенергії (прилеглі до дороги споруди, будинки, підприємства, електрозаправки, тощо). «Розумна дорога» здатна проводити динамічне підсвічування дороги перед автомобілем. Це визначається програмним забезпеченням панелі в разі потреби.

В опори верхньої кришки встановлено п'єзоелементи, що генерують енергію при натисканні та передають сигнал про те, що на панель знаходиться під навантаженням. По величині значення сигналу визначається ваги навантаження

Функціональні можливості запропонованого концепту «Розумна дорога» для шляхів України визначаються наступними позиціями:

- підсвічування дороги в нічний час (функціональну динамічну світлодіодну розмітку і попереджувальні знаки);
- підігрів панелей в холодну пору року;
- просушка панелі за рахунок підігріву (після дощу)
- сигнальна система, яка попереджає про поломки панелі;
- визначення ваги навантаження на панель;
- визначення швидкості пересування транспортного засобу;
- зарядка електромобілів від сонячних панелей;
- вироблення електроенергії;
- підсвічування визначеної частини дороги;
- динамічне підсвічування дороги перед автомобілем;
- попередження про необхідність знизити швидкість у випадку, якщо датчики навантаження (п'єзоелементи) встановлять появу перешкоди на дорозі.

*Висновки.* Представлено розробку науковців з Харківського національного автомобільно-дорожнього університету – систему «Розумної дороги», яка є автономним та децентралізованим джерелом живлення. Розкрито її конструкцію та основні функціональні можливості.

Запропоновано технічне рішення «Розумної дороги» – Smart Roadway. З урахуванням виявлених недоліків закордонних аналогів, розширено функціонал дорожньої панелі з докладним розкриттям таких аспектів, як електричний обігрівач скла, органічні сонячні панелі, високоміцне оргскло, лужні акумулятори, п'єзоелектричні елементи.

## **РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОПІЛОТУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ**

**Чоломбитько О.А.**

*Науковий керівник – Смирнов О.П., д-р техн. наук, професор  
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)*

*Мета роботи:* підвищення безпеки руху, за рахунок розроблення програмного забезпечення для автономного транспортного засобу, що рухається за наведеним маршрутом.

*Об'єкт дослідження* – процес програмування системи керування автопілоту транспортного засобу.

*Предмет дослідження* – автопілот транспортного засобу, керування якого відбувається за допомогою програмного забезпечення на базі Arduino.

Методи досліджень передбачали використання Arduino Uno контролера, побудованого на ATmega328. Платформа має 14 цифрових вхід/виходів (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ), 6 аналогових входів, кварцовий генератор 16 МГц, роз'єм USB, силовий роз'єм, роз'єм ICSP і кнопку перезавантаження. У дослідження використувались положення теорії та практики автоматичного керування.

У число виробників, також розробляють технології автономного керування автомобілями, що входять BMW, Ford, General Motors, Honda, Hyundai, Mercedes, Nissan, Toyota, Volkswagen, Volvo та інші. Повноцінне впровадження технології автопілоту в сучасні автомобілі дозволять транспортному засобу набирати необхідну швидкість, уникати аварійних ситуацій і здійснювати маневри без управління людиною.

Мною проведено розробку програмного забезпечення для автопілоту макета автомобіля на базі контролера Arduino Uno, що побудований на ATmega328. На платформі Arduino Uno встановлено кілька пристроїв для зв'язку з комп'ютером, іншими пристроями Arduino або мікроконтролерами.

Автопілот побудований таким чином, що макет автомобіля рухається по світлій лінії. Цифровий датчик лінії призначений для того, щоб відрізнити темну поверхню від світлої. Цей датчик розміщений на нижній поверхні мобільної платформи, щоб навчити автомобіль рухатися вздовж лінії, не виїжджати за межі території, визначеної контуром.

На платформі Arduino Uno встановлено кілька пристроїв для зв'язку з комп'ютером, іншими пристроями Arduino або мікроконтролерами. ATmega328 підтримують послідовний інтерфейс UART TTL. Прошивка ATmega8U2 використовує стандартні драйвера USB COM, ніяких сторонніх драйверів не потрібно, але на Windows для підключення потрібно файл ArduinoUNO.inf. Моніторинг послідовної шини (Serial Monitor) програми Arduino дозволяє відправляти і отримувати текстові дані при підключенні до платформи. Світлодіоди RX і TX на платформі будуть блимати при передачі даних через мікросхему FTDI або USB підключення.

Бібліотекою SoftwareSerial можливо створити послідовну передачу даних через будь-який з цифрових висновків Uno. Платформа програмується за допомогою Arduino. З меню Tools > Board вибирається «Arduino Uno» (згідно з установленим мікроконтролером). Мікроконтролер ATmega328 поставляється з записаним завантажувачем, полегшує запис нових програм без використання зовнішніх програматорів. Зв'язок здійснюється оригінальним протоколом STK500. Є можливість не використовувати завантажувач і запрограмувати мікроконтролер через виводи ICSP (внутрішньосхемного програмування). Детальніша інформація знаходиться в довіднику та інструкціях.

Для автопілоту транспортного засобу було розроблено спеціальне програмне забезпечення. Зібраний макет автопілоту транспортного засобу, що включає контролер Arduino Uno R3, модуль L298N, датчики лінії та два двигуна постійного струму, наведено на рисунку 1.

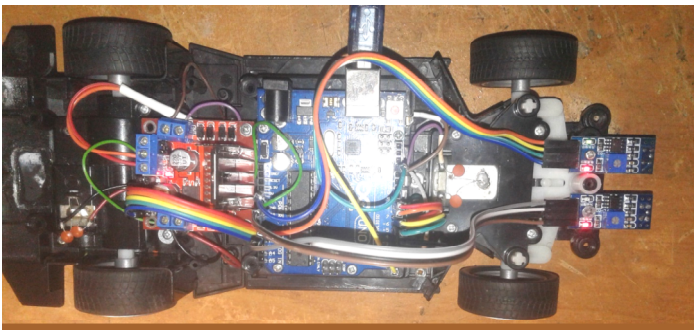


Рисунок 1 – Макет автопілоту транспортного засобу

*Висновки:* таким чином розроблено програмне забезпечення на базі Arduino для автопілоту макета транспортного засобу, який рухається по заданій траєкторії.

## **РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ПРИВОДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ**

**Азарков І.В., Окрутний А.Б.**

*Науковий керівник – Андрійченко В.П., канд. техн. наук, доцент*

Для забезпечення реалізації навчального процесу із застосуванням сучасних засобів вивчення характеристик електричних процесів транспортних засобів, виникла гостра необхідність створення дослідного зразка електромобіля. Зокрема перед ним ставилося завдання реалізації пересувної лабораторної з можливістю вимірювання різноманітних параметрів руху у режимі реального часу.

Для реалізації даного проекту було обрано шасі карта. Для зменшення похибок при проектуванні та кращої візуалізації прийнятих рішень щодо модернізації рами, було розроблено параметричну 3D-модель шасі в середовищі проектування КОМПАС-3D.

В якості тягового електричного двигуна був обраний генератор Г-732В. Тяговий двигун отримує живлення від тягової акумуляторної батареї, яка складається із 3-х свинцево-кислотних акумуляторів А-МЕГА Ultra+, з'єднані між собою послідовно, в результаті чого загальна напруга тягової акумуляторної батареї складає 36 В. Ємність тягової батареї складає 64 ампер-години. Розрив ланцюгу від тягової АКБ та захисту силового кола від коротких замикань здійснюється за допомогою автоматичного вимикача АВ-8А-1.

Розробка електричної принципової схеми проектованого електромобіля, а також друкованої плати керування проводилося за допомогою комплексної системи автоматизованого проектування радіоелектронних засобів Altium Circuit Maker.

Система керування дослідного електромобіля отримує живлення від тягової акумуляторної батареї через DC-DC перетворювач. Подача живлення на схему керування виконується за допомогою вимикача, який виведено на кермо водія.

На платі керування в окремий блок виділено керування обмоткою збудження тягового електродвигуна. Для контролю струму обмотки збудження встановлений датчик струму ACS712, який має вихід до підключаємого осцилографа. Ослаблення магнітного поля двигуна здійснюється за допомогою кнопки встановленої на кермі водія. за допомогою резистора потужністю 20 Вт.

Розробку силового блоку системи керування було розділено на 2 етапи. Перший етап полягав у розробці схеми із струмообмежувальним резистором, де струм обмежується на позначці 240А. Другим етапом є розробка системи широтно-імпульсного регулювання.

Система керування силовим блоком тягового електродвигуна на базі струмообмежувального резистору має дві ходові позиції. Перша ходова позиція або маневрова позиція має обмеження струму при пуску у 120 А. Друга ходова позиція має обмеження по струму у 240А і має на меті реалізацію максимального прискорення. В якості силових напівпровідникових ключів для переключення позицій були обрані Mosfet транзистори IRFB7530PbF.

Для керування затвором силових транзисторів в схемі керування використовується високовольтний драйвер MOSFET-IGBT IR4426PBF.

В схемі силового блоку на базі широтно-імпульсної системи керування частото задаючим елементом ШІМ регулятора є генератор трикутних імпульсів, з частотою перемикачів 3-4кГц. Імпульси генератора надходять на компаратор DA2, сюди ж надходить сигнал з регулятора обертів. Регулятором служить датчик дросельної заслінки від автомобілів ВАЗ 2110. На виході компаратора DA2 отримуємо послідовність імпульсів (рис4.6) з шириною, яку задає датчик обертів. Далі сигнал надходить на затвори ключів IRFB7530PbF.

Для підтвердження вибору силових транзисторів проведено тепловий розрахунок, за результатами якого зроблено висновок про відповідність температурного режиму транзисторів для заданої конфігурації схеми.

Обмеження тягового струму реалізовано за рахунок блоку захисту ШІМ регулятора. Блок складається з чотирьох вузлів: вимірювального моста на резисторах, накопичувача заряду імпульсів струму, компаратора і формувача блокуючого імпульсу на елементах. Живиться пристрій від блоку живлення ШІ-регулятора. Вхідний сигнал пристрою являє собою послідовність імпульсів змінної тривалості напругою до 5В, що знімаються з датчика струму. Вихідний імпульсний сигнал пристрою надходить на блокуючий транзистор ШІМ-регулятора.

## **РОЗРОБКА ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ З АВТОМАТИЧНОЮ СИСТЕМОЮ**

***Кутовий Д.В, Кияшко Є.О.***

*Науковий керівник – Андрійченко В.П., канд. техн. наук, доцент*

Для тих, хто не має достатнього досвіду по збірці електронних схем або потребує автоматичного відключення зарядного пристрою

після закінчення зарядки акумулятора, підходить спрощений варіант схеми пристрою для зарядки кислотних автомобільних акумуляторів. Відмінна особливість схеми в її простоті для повторення, надійності, високому ККД і стабільним струмом заряду, наявність захисту від неправильного підключення акумулятора, автоматичне продовження зарядки в разі зникнення напруги живлення.

Встановлено, що зарядка надмірно великим струмом призводить до деформації пластин акумуляторів і навіть руйнування їх; зарядка малим струмом викликає сульфітацію пластин і зниження ємності акумуляторної батареї. Зарядний струм, рекомендований в інструкції по експлуатації акумуляторної батареї, забезпечує оптимальне протікання електрохімічних процесів в ній і нормальну роботу протягом тривалого часу. Ступінь зарядженості акумуляторної батареї можна контролювати як за значенням щільності електроліту і напруги (для кислотних), так і по напрузі (для лужних) на полюсних виводах.

Для регулювання зарядного струму можна використовувати магазин конденсаторів, що включаються послідовно з первинної обмоткою трансформатора і виконують функцію реактивних опорів, що гасять надлишкову напругу мережі. Струм зарядки акумуляторної батареї підтримується на певному рівні. В процесі зарядки напруга на батареї збільшується, а струм, що протікає через неї, прагне зменшитися. Але при цьому зростає приведений опір первинної обмотки трансформатора, напруга на ній збільшується, в результаті чого струм через батарею змінюється незначно.

Як показують розрахунки, найбільше значення струму через акумуляторну батарею при заданій ємності конденсатора буде при рівності падінь напруги на цьому конденсаторі і первинної обмотці трансформатора. Первинну обмотку розраховують на повну напругу мережі для більшої надійності пристрою і можливості застосування готових понижувальних трансформаторів, вторинну обмотку – на напругу, в півтора рази більшу, ніж номінальна напруга навантаження.

Такий пристрій можна застосовувати і для зарядки акумуляторних батарей з напругою менше 12 В, наприклад 6-вольтових мотоциклетних. Цей зарядний пристрій можна доповнити вимірником заряду, поданому на акумулятора

Перед зарядкою знятий з автомобіля акумулятор необхідно очистити від бруду і протерти його поверхні, для видалення кислотних залишків, водним розчином соди. Якщо кислота на поверхні є, то водний розчин соди пініться. Якщо акумулятор має пробки для заливки кислоти, то все пробки потрібно викрутити, для того, щоб утворюються при зарядці в акумуляторі гази могли вільно виходити. Обов'язково

потрібно перевірити рівень електроліту, і якщо він менше необхідного, долити дистильованої води. Далі потрібно перемикачем на зарядному пристрої виставити струм заряду і підключити акумулятор дотримуючись полярності до його клем.

## **СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА ТЕМПЕРАТУРНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВУЗЛІВ АКПП З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ**

***Кладковий І.О.***

*Науковий керівник – Дзюбенко О.А., канд. техн. наук, доцент  
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)*

Сучасні автомобілі використовують двигун і коробку перемикання передач в максимально жорстких режимах експлуатації. Саме тому в них треба використовувати ефективні системи охолодження, які дозволяють одночасно змащувати і охолоджувати рухливі елементи коробки передач. Саме на це треба звернути увагу і обрати оптимальне рішення даної проблеми перегріву і переохолодження.

Мета роботи: збільшення строку служби вузлів АКПП шляхом реалізації електронної системи контролю та стабілізації температурного режиму роботи з використанням в якості терморегуючих елементів термоелектричних напівпровідникових перетворювачів.

Матеріали і результати досліджень

Для досягнення поставленої мети була запропонована схема стабілізації температурного режиму мастила АКПП з управлінням на базі мікроконтролера, який безпосередньо контролює температуру мастила та регулює його у різних режимах за допомогою термоелектричних напівпровідникових перетворювачів.

Термоелектричні модулі Пельтьє є оборотним, тобто при зміні полярності постійного струму гаряча і холодна пластини міняються місцями. Це дає можливість використовувати модуль в режимі термо-реверсування - використовувати один і той самий елемент як для підігріву, так і для охолодження за допомогою зміни напрямку протікання струму. Як уже зазначалося, ступінь охолодження пропорційна величині струму, що проходить через термоелектричний перетворювач, що дозволяє при необхідності плавно регулювати температуру охолоджуваного об'єкта, причому з високою точністю.

Для вирішення задачі температурної стабілізації мастила АКПП за допомогою термоелектричних модулів Пельтьє була запропонована наступна структурна схема системи контролю та управління температурою (рис.1).

Вона складається з мікроконтролера, блоку управління та індикації, CAN-трансивера, додаткового контуру охолодження, в який включаються електричний клапан, радіатор з установленими на ньому термоелектричними перетворювачами Пельтьє, датчики температури, і схеми управління термоелектричними модулями на імпульсному стабілізаторі струму і мостовій схемі.

Масило ATF з піддону АКПП під тиском циркулює по основному колу охолодження через штатний радіатор охолодження (на схемі не показано), у випадках перегріву електричний клапан відкриває додатковий контур охолодження який складається з патрубків та радіатора з встановленими на ньому термоелектричними модулями Пельтьє (ТЕМ). Головним управляючим органом виступає мікроконтролер, який за допомогою датчиків температури мастила (ДТМ) і температури навколишнього середовища (ДТНС) визначає необхідний режим роботи термоелектричних модулів. Мікроконтролер також має зв'язок з основною бортовою інформаційною системою автомобіля по CAN інтерфейсу, що дозволяє визначати поточний стан АКПП, швидкість автомобіля, частоту перемикання передач, та інше, це дає змогу прогнозувати температурний режим АКПП та завчасно реагувати на нього відповідними управляючими сигналами.

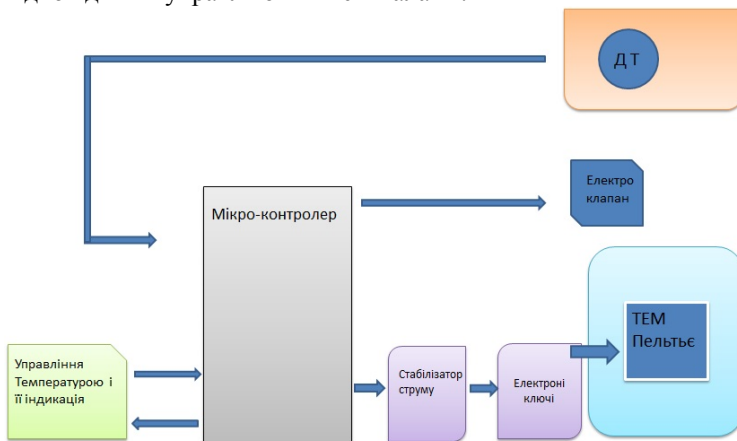


Рисунок 1 – Структурна схема системи контролю та управління температурою АКПП

Крім того система має блок ручного управління та індикації, за допомогою якого система сповіщає водія про поточний температурний стан елементів АКПП та аварійний сигнал у випадку коли система не справляється з поставленою задачею. Також водій може сам задати режим роботи системи, якщо він розуміє, що тривалий час буде екст-



ремально навантажувати трансмісію автомобіля (рух по бездоріжжю, тощо).

Управління термоелектричними модулями здійснюється від бортового джерела живлення через імпульсний стабілізатор струму і мостовий транзисторний перетворювач. Стабілізатор струму дозволяє змінювати інтенсивність роботи термоелектричних модулів, а мостова схема виконує зміну полярності протікаючого через елементи струму, що дозволяє переходити від режиму охолодження до режиму нагріву в холодну пору року.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ДВИГУНА**

***Іваннікова К.О., Іваннікова Ю.О.***

*Науковий керівник – Донець О.В., канд. техн. наук, доцент*

Для підготовки фахівців, що задовольняють сучасним вимогам виробництва, проведенню наукових досліджень і робіт по вивченню законів керування асинхронними двигунами, на кафедрі «Електричний транспорт» Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова розроблено універсальний лабораторний стенд для дослідження роботи асинхронного електропривода з інформаційно-виміральною системою.

Мета роботи. отримання механічних та електромеханічних характеристик асинхронного двигуна та вимірювання динамічного моменту на валу двигуна під час регулювання швидкості зміною напруги та частоти живлення.

Матеріали та результати дослідження. Електропривод з асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором. Отримання механічних та електромеханічних характеристик асинхронного двигуна та вимірювання динамічного моменту на валу двигуна.

Асинхронні електроприводи (АЕП) одержують все більше застосування в різних галузях промисловості, інтенсивно витісняючи електроприводи з двигунами постійного струму. Широко застосовуються АЕП для нормальних (не спеціальних) кранів, простих металоріжучих верстатів, різних допоміжних механізмів прокатних станів. Майже монопольне застосування одержали АЕП для багатьох так званих загальнопромислових механізмів (вентилятори, насоси, конвеєри, ліфти і ін.) зовнішній вигляд лабораторного стенду показано на рисунку 1.



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд лабораторного стенду

АЭП поступається електроприводам з двигунами постійного струму лише у тому випадку, коли необхідно одержати великий діапазон регулювання швидкості, велике число включень приводу в годину або плавне регулювання швидкості. Слід, проте, відзначити, що в сучасних АЭП з живленням від вентильних перетворювачів частоти можна одержати плавне регулювання швидкості двигуна у вельми великому діапазоні швидкостей.

Для могутніх (тисячі кВт) нерегульованих приводів АЭП успішно конкурує з синхронним електроприводом (СЕП). Переваги АЭП: дешевизна і простота конструкції асинхронного двигуна (АД); велика надійність АД в порівнянні з двигуном постійного струму, що має колектор; високий коефіцієнт корисної дії; простота і дешевизна перетворювача енергії при простій схемі живлення АД від мережі через трансформатор. Недоліки АЭП: пропорційність обертаючого моменту АД квадрату живлячої напруги; зменшення пускового моменту ( $M_k$ ) і максимального моменту ( $M_k$ ) АД при зниженні напруги на його статорі; перегрів статора АД при підвищенні напруги живлення мережі; перегрів ротора АД при пониженні напруги живлячої мережі; малий повітряний зазор, знижуючи надійність роботи АД; великий струм холостого ходу.

Аналізуючи способи управління розгоном приводу необхідно помітити, що регулювання напруги на виході останнього здійснюється шляхом варіювання кута включення входних в його склад тиристорів. Оскільки для асинхронного двигуна значення максимального (критич-

ного) моменту знаходиться в квадратичній залежності від напруги живлячої мережі.

$$M_{\Sigma M} = \frac{m_1 U_{\phi}^2 \cdot R_2'}{\omega_1 \cdot S \cdot \left[ \left( R_1 + \frac{R_2'}{S} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]} \quad (1)$$

Діапазон регулювання швидкості в системах скалярного управління декілька обмежений, і важливим місцем в обґрунтуванні доцільності такого способу регулювання швидкості займає, в першу чергу, оцінка можливості забезпечення необхідної перевантажувальної здатності системи електроприводу. Так само слід звернути увагу на зниження величини пускового моменту приводного асинхронного двигуна.

$$M_{\Sigma M} = \frac{m_1 U_{\phi}^2 \cdot R_2'}{\omega_1 \cdot S \cdot \left[ (R_1 + R_2')^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]} \quad (2)$$

Оскільки ця величина так само знаходиться в квадратичній залежності від напруги живлячої мережі не менш важливим показником в обґрунтуванні доцільності застосування ТРН, займає, в другу чергу, оцінка кратності пускового моменту і як наслідок, можливості пуску приводного двигуна для описаного способу регулювання швидкості.

На рис. 1., а представлено сімейство механічних характеристик відповідних випадку живлення асинхронного двигуна від ідеального джерела синусоїдальної напруги, що змінюється.

Розглянемо роботу розімкненої системи управління тиристорний перетворювач напруги – асинхронний двигун.

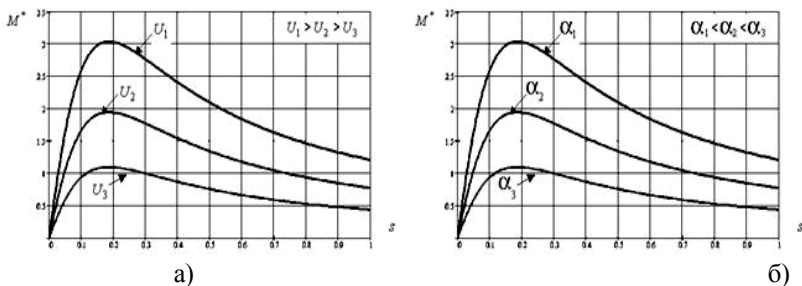


Рисунок 2 – Сімейство механічних характеристик асинхронного двигуна:

а) при живленні від ідеального джерела, синусоїдальної змінної напруги;

б) при живленні від тиристорного регулятора напруги

Регулювання напруги на асинхронному двигуні в цій схемі здійснюється зміною кута управління, тобто зрушенням імпульсів, що за

часом управляють, подаються на електроди тиристорів, що управляють.

Лабораторний стенд дозволяє отримувати механічні та електро-механічні характеристики асинхронного двигуна та вимірювати динамічний момент на валу асинхронного двигуна.

## **РОЗРОБКА ГОЛОВНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПОЗДОВЖНЬО-СТРУГАЛЬНОГО ВЕРСТАТА З ПОСЛІДОВНОЮ СИСТЕМОЮ СТАБІЛІЗАЦІЇ ШВИДКОСТІ**

*Ізотов Е.О., Міщенко О.П.*

*Науковий керівник – Фатєєв В.М., канд. техн. наук, доцент*

Розглядаючи усе різноманіття сучасних виробничих процесів, в кожному конкретному виробництві можна виділити ряд операцій, характер яких є загальним для різних галузей народного господарства. До їх числа відносяться доставка сировини і напівфабрикатів до витоків технологічних процесів і переміщення виробів в процесі обробки; навантажувально-розвантажувальні роботи на складах, залізничних станціях, в морських і річкових портах; переміщення вантажів при будівельно-монтажних роботах і при видобутку корисних копалин, а також багато інших.

Для найбільш масових кранів загального призначення починають широко застосовуватися електроприводи на основі короткозамкнутих двигунів, значна частина кранів виготовляється з управлінням з підлоги, а швидкохідні крани для важких режимів роботи комплектуються різними системами тиристорів і транзисторних, що забезпечують глибоке регулювання швидкості, плавність пуску і гальмування при вимогах, що постійно підвищуються, до економії енергоресурсів.

Мета роботи. Розробити електропривод поздовжньо-стругального верстата з послідовною системою стабілізації швидкості

Матеріали та результати дослідження. В групу стругальних верстатів входять поперечно-стругальні, поздовжньо-стругальні та довбальні верстати. Характерна особливість стругальних верстатів – поступальне переміщення різців або деталей з режимом стругання при прямому ході і здійснення переривчастою поперечною подачі після кожного одинарного або подвійного ходу різця або деталі.

В роботі розробляється головний електропривод поздовжньо-стругального верстата, кінематична схема якого наведена на рисунку 1. Привід забезпечує по напрямних зворотно-поступальний рух столу 1, на якому закріплено оброблюваний виріб 2. Головний рух здійснюється від двигуна постійного струму 3. Через одноступінчатий ре-

дуктор з шестернями 4 і 5 обертає передається на рейкову шестірню 6, яка з допомогою зубчастої рейки 7 здійснює головний зворотнопоступальний рух столу.

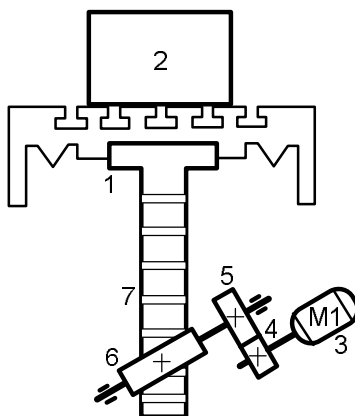


Рисунок 1 – Кінематична схема головного електроприводу поздовжньо-стругального верстата

Залежно від вимог до точності стабілізації і діапазону регулювання швидкості застосовують різні зворотні зв'язки. У системі ТП-Д можна застосувати негативний зворотний зв'язок по напрузі перетворювача. Проте в такій системі навіть при астатичному законі регулювання напруги величина  $\Delta\omega_c$  не може бути що менший відповідає на природній характеристиці  $\Delta\omega_{cc}$ . При цьому величина статизма на природній характеристиці  $\Delta S_{x3}$  визначається номінальними даними двигуна, буде  $\Delta S_{x3} > (8 \div 10) \%$ .

Завдання на роботу потребує забезпечити стабілізацію швидкості з більш високою точністю.

Тому в роботі вибирається система ТП-Д з головним негативним зворотним зв'язком за швидкістю двигуна. На рисунку 2 приведена функціональна схема замкнутої системи ТП-Д, що реалізовує принцип управління по відхиленню. У ній необхідний статизм забезпечується за допомогою вибору закону регулювання і налаштувань регулятора швидкості AV, а час регулювання і перерегулювання – структурою і параметрами послідовного пристрою (КУ), що коригує. До вузла підсумовування на вході AV окрім сигналу завдання швидкості  $U_{3c}$  подається сигнал зворотного зв'язку за швидкістю  $U_{dc}$ , який знімається з виходу тахогенератора BR. Вхідний сигнал для регулятора швидкості

$U_{вх}$  буде рівний  $U_{вх}=U_{зс} - U_{дс}$ . Реактор LR обмежує на необхідному рівні пульсації випрямленого струму.

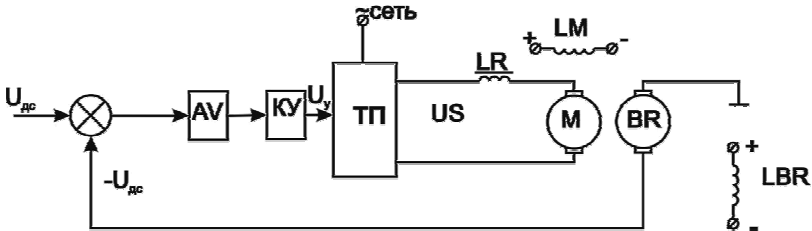


Рисунок 2 – Функціональна схема системи стабілізації швидкості

Для розгляду фізичного процесу стабілізації швидкості в цій системі припустимо, що двигун працює в режимі, що встановився, з деякою швидкістю і  $M = M_c$ . При збільшенні з технологічних причин моменту навантаження  $M_c$  швидкість двигуна відповідно до рівняння руху електроприводу почне знижуватися, оскільки момент двигуна  $M$ , що обертає, став менше моменту навантаження  $M_c$ . відповідно є зменшився сигнал зворотний зв'язок за швидкістю  $U_{дс}$ , що при  $U_{зс}=\text{const}$  привів до збільшення сигнал  $U_{вх}=U_{зс} - U_{дс}$ . Це, у свою чергу, приведе у збільшенню сигналу управління на вході перетворювача тиристора, збільшенню ЕДС перетворювача і напруги на якорі двигуна, а отже і швидкості двигуна.

При зменшенні  $M_c$  швидкість двигуна збільшуватиметься. Зворотний зв'язок за швидкістю почне діяти в іншому напрямі, приводу до зниження ЕДС перетворювача, напруги на якорі двигуна і його швидкості. Вузол підсумовування на вході регулятора швидкості моделює блок (Sum). Для візуального представлення результатів моделювання використовується блок (Scope).

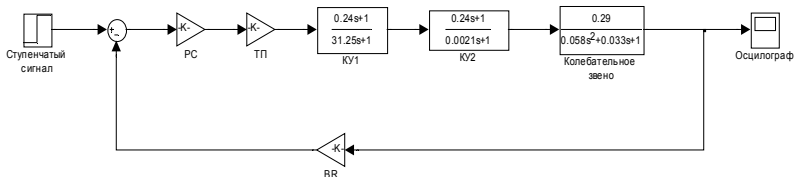


Рисунок 3 – Система керування з пристроєм, що коригує

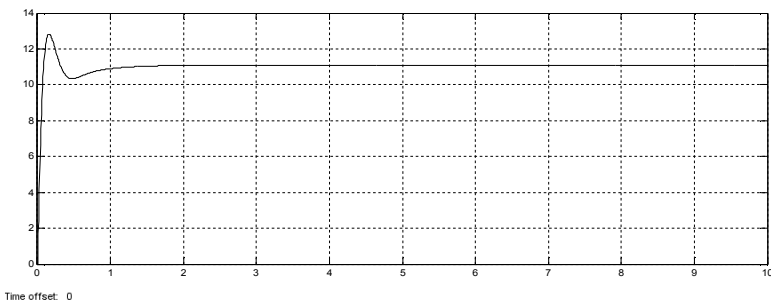


Рисунок 4 – Перехідна характеристика

В роботі виконано аналіз системи стабілізації швидкості з послідовним корегувальним пристроєм. Проаналізовано вимоги, які пред'являють до електроприводів стругальних верстатів. Визначено функціональної схеми системи головного електроприводу поздовжнього стругального верстата.

Здійснено вибір елементів функціональної схеми системи електропривода і розрахунок їх статичних і динамічних параметрів. Розрахунок потужності і вибір двигуна, тиристорного перетворювача, датчика швидкості, об'єкта керування, регулятора швидкості, пристрою, що коригує. Визначено показники якості системи стабілізації швидкості

Включення в систему пристрою, що коригує, дозволило отримати задані показники якості. Перерегулювання склало 40%, час регулювання 0,45 с.

## РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ШВИДКІСНОГО ЛІФТА

**Пирожков О.В.**

*Науковий керівник – Сорока К.О., канд. техн. наук, доцент*

Ліфти використовуються для вертикального переміщення пасажирів та вантажів, а підйомники – для переміщення вантажів з шахт або для переміщення пасажирів по нахиленому шляху. Оскільки підйомники не являються типовими загально промисловими механізмами, найбільша увага приділяється однокабінним ліфтам.

Ліфти з'явилися як підйомні пристрої на простий мотузці або ланцюга лебідок. У ліфта, підйомного крана, лебідки і інших підйомних механізмів один загальний предок - важіль, відомий людям з найдавніших часів. Важіль у вигляді колодезного журавля використовувався ще стародавніми єгиптянами.

Перші достовірно підтверджені факти виготовлення і використання прообразів сучасних ліфтових підйомників відносяться ще до часів античної давнини.

В даній роботі була поставлена задача по розробці електроприводу швидкісного ліфта. В ході виконання роботи були виявлені основні проблеми і недоліки сучасних швидкісних ліфтів. В роботі представлені розрахунки електроприводу ліфта і побудована його часова діаграма. Побудовано математичну модель.

Схема керування ліфта містить наступні елементи: контролю положення кабіни у шахті, автоматичного вибору напрямку руху, гальмування, точної зупинки, автоматичного відкривання і закривання дверей, захисту.

Командні сигнали, що задають програму руху кабіни, розподіляються на два типи: «наказу», що надходять з кабіни, і «виклику», що надходять з поверхових майданчиків. Команди подаються натисканням відповідних кнопок у кабіні і на поверсі. В залежності від реакції на команди і способу їх відпрацювання розрізняють схеми роздільного і збирального керування. При роздільному керуванні схема приймає і відпрацьовує лише одну команду і під час її виконання не реагує на інші команди і виклики. Така схема простіша, але обмежує можливу продуктивність ліфту і тому використовується лише для ліфтів висотою до 9 поверхів з відносно невеликим потоком пасажирів.

При збиральному принципі керування схема сприймає одночасно декілька команд і виконує їх у певній черговості, звичайно у порядку чергування поверхів. Збиральне керування може бути частковим, з обмеженнями і повним. Наприклад, схема збирального керування на спуск може сприймати тільки попутні виклики на спуск і не реагує на виклики до підйому. Інший варіант такої схеми сприймає без обмежень виклики на спуск при будь-якому напрямку руху з наступним їх виконанням. Збиральне керування забезпечує більшу продуктивність ліфту, тому воно широко використовується у висотних будинках, адміністративних і навчальних будовах, де мають місце значні потоки пасажирів. Найбільш повно реалізуються можливості збирального керування у групових схемах з декількома ліфтами.

Основним вузлом, що забезпечує автоматичну роботу ліфта, є вузол контролю положення кабіни у шахті. Пристрій, що виконує цю функцію, зветься селектором. Найпростіший тип селектора це поверхові перемикачі з трьома позиціями, які розміщуються у шахті і перемикаються за допомогою спеціальної скоби на кабіні. Положення перемикаючого важеля дає інформацію про місце знаходження кабіни.



Загальний принцип дії ліфта наступний. При натисканні на кнопку виклику в електроапаратуру управління ліфтом подається електричний імпульс (виклик). Якщо кабіна знаходиться на зупинці, з якої надійшов виклик, відкриваються двері кабіни і шахти на даній зупинці. Якщо кабіни немає на цій зупинці, то електроапаратурою в залежності від того, звідки надійшов виклик, вибирається напрямок руху кабіни (вгору або вниз) і дається команда на її рух. В обмотку електродвигуна лебідки і в котушку електромагніта гальма подається напруга, колодки гальма розтискаються і ротор електродвигуна приходить в обертання.

Для якісного виконання операцій з транспортування вантажів і пасажирів при високій продуктивності електропривід ліфтів повинен забезпечити: реверсивну роботу двигуна; плавний пуск і гальмування за умови, щоб прискорення і уповільнення, а також їх похідні не перевищували встановлені норми; мінімальний час переходних процесів; точну зупинку кабіни проти рівня підлоги поверху.

Канатоведучий шків за рахунок сил тертя захоплює тягові канати і приводить в рух кабіну і противагу. Рух кабіни контролюється електроапаратурою. Кабіна зупиняється на тій зупинці, звідки надійшов виклик. Стулки дверей кабіни і шахти розсуваються.

При натисканні на кнопку наказу кнопкового апарата, розташованого в кабіні, закриваються стулки дверей кабіни і шахти, і кабіна починає рухатися в заданому напрямку.

Після прибуття кабіни на потрібний поверх і виходу з неї пасажира двері кабіни і шахти з витримкою часу близько 7 с автоматично закриваються, і кабіна з закритими дверима стоїть на зупинці до тих пір, поки не буде знову натиснута будь-яка клавіша виклику.

Продуктивність, надійність і економічність робочих механізмів в значній мірі залежить від правильного вибору потужності приводного двигуна. Якщо обраний двигун більшої потужності, ніж необхідно за умовами його роботи, то збільшуються капітальні витрати і знижуються коефіцієнт корисної дії і коефіцієнт потужності. Якщо потужність двигуна менше необхідної, виникає перегрів обмоток, різко знижує термін служби двигуна.

Порядок вибору потужності двигуна складається з декількох етапів – на початковому етапі здійснюють попередній вибір потужності двигуна, а потім перевіряють його за умовами нагріву і перевантажувальної здатності. Якщо двигун проходить ці перевірки, то він вважається остаточно обраним.

## **СИСТЕМИ ВИПРОБУВАНЬ НА ВІБРАЦІЙНУ НАДІЙНІСТЬ В УМОВАХ ДВОКООРДИНАТНОГО УДАРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

**Грінченко О.О.**

*Науковий керівник – Шпачук В.П., д-р техн. наук, професор*

У даний час для багатьох вузлів і блоків об'єктів машинобудування, авіаційної, космічної техніки, та підприємств міського господарства, що відносяться до об'єктів просторової структури, найбільш ефективними виявляються системи випробувань на просторовий удар. У даному випадку об'єкти випробувань піддаються впливу ударних навантажень одночасно в двох взаємно перпендикулярних напрямках. За орієнтацією й амплітудою, тривалістю та періодом слідування ударний імпульс відповідає заданим нормативним документом параметрам.

Створено і досліджено системи випробувань об'єктів просторової структури на ударний вплив у площин, як результат особливого формування її вхідних сигналів прямокутної форми, а також програмного перемикання від'ємних і позитивних обернених зв'язків за миттєвими значеннями вібрації, що відтворюється на платформі двопоординатного вібростенда.

При цьому, при формуванні заданих параметрів вхідних сигналів системи випробувань враховується чотири фази руху платформи стенду: відтворення переднього фронту ударного імпульсу, його вершини, заднього фронту і підлоги. Також приймається, що передній й задній фронти імпульсу на платформі формуються за допомогою позитивних, а вершина і підлога – від'ємних обернених зв'язків.

Використання позитивних обернених зв'язків призводить до зменшення коефіцієнту демпфування системи випробувань, що забезпечує збільшення швидкості зростання переднього або спаду заднього фронтів імпульсу, який відтворюється. Збільшення демпфування системи за рахунок від'ємних обернених зв'язків забезпечує виключення ефекту перерегулювання ударного імпульсу на платформі, тобто умови перевищенню його амплітудою заданого значення.

Отримано результати відтворення ударного імпульсу заданої орієнтації, амплітуди, сквалпності і довжини. Доведено, що при цьому виключається ефект виникнення оберненого ударного імпульсу, що забезпечує ефективність випробувань об'єктів просторової структури за вібронадійністю в експлуатації.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОГРАМ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ

*Ваніна К.В.*

*Науковий керівник – Грязнова С.А., канд. техн. наук, доцент*

Одним з найдієвіших шляхів поліпшення показників експлуатаційної роботи є використання оптимальних режимів ведення потяга. Оптимізація управління може здійснюватися за певними критеріями оптимальності. Під критерієм оптимальності розуміють кількісний показник, що характеризує схвалюване рішення, найчастіше в завданнях оптимізації критерій повинен дорівнювати мінімальному або максимальному значенню.

Зазвичай витрати на перевезення оптимізуються під час виконання тягових розрахунків для вибору типу електрорухомого складу, ваги поїзда, часу руху, профілю шляху, розташування станцій тощо. При впровадженні системи автоведення час руху по перегону задається графіком руху на певній ділянці лінії, відомі тип і характеристики рухомого складу, визначена вага поїзда. У цьому разі критерієм оптимальності керування рухом можна вважати витрати електроенергії на тягу.

Завдання пошуку оптимального режиму ведення потяга вирішується за допомогою варіаційних методів, основи яких розроблено Е. Ейлером і Ж. Лагранжем, розвинуті в динамічному програмуванні Р. Беллмана і «принципі максимуму» Л.С. Понтрягіна. Автоматизація ведення поїздів призводить до необхідності визначення програм автоведення поїздів. Якість програм автоведення поїзда при заданому часі руху потяга визначається витратою енергії на тягу потягів і кількістю перемикачів позицій управління для потягів з дискретним управлінням, силою тяги і кількістю перемикачів режимів тяги для потягів метрополітену. Доведено, що оптимізація програм руху щодо витрати енергії призводить до збільшення кількості перемикачів позицій керування, а мінімізація кількості – приводить до перевитрат енергії. Витрати енергії і кількість перемикачів не рівноцінні за вартістю, пріоритетними вважаються витрати енергії, але потрібно й намагатися під час розрахування програм ведення потяга скоротити кількість перемикачів позицій управління з метою підвищення надійності силової комутаційної апаратури локомотивів.

## **ВПЛИВ ПОВІТРЯНОГО ОПОРУ НА КІНЕМАТИЧНІ Й ГЕОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЇЗДІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ**

**Кулик І.А.**

*Науковий керівник – Грязнова С.А., канд. техн. наук, доцент*

Досліджувати вплив повітряного опору рухомого складу необхідно оскільки важливо вирішити такі прикладні завдання: підвищення економічності транспортних засобів унаслідок зменшення повітряного опору як рухомого складу, так і ліній тунелів; забезпечення вентиляції тунелів відповідно до санітарно-гігієнічних норм; забезпечення комфорту пасажирів і персоналу, який обслуговує, шляхом зменшення інтенсивності протягів на станціях і у вестибюлях; підвищення ефективності вентиляції і опалення вагонів, зниження рівня шуму; зменшення динамічних навантажень на панелі й інші елементи стін тунелю; пошук раціональних заходів щодо уникнення у тунелі надзвичайних ситуацій (локалізація пожежі, боротьба з розповсюдженням отруйних газів тощо).

Вирішення цих завдань набуває особливо важливого значення у зв'язку зі збільшенням інтенсивності руху транспортних засобів, обсягів будівництва тунелів, нових ліній метрополітенів і нового рухомого складу для них.

На величину повітряного опору, особливо в разі великих швидкостей під час руху, помітно впливає форма рухомого складу, що обумовлює умови обтікання повітряним потоком. Наявність на поверхні тіла виступів з гострими гранями призводить до обриву в таких місцях струменів повітря і утворення вихорів (турбулентний рух). У межах вихрових рухів повітря створюється менше порівняно з тиском навколишнього потоку розрідження, і вихор ніби намагається всмоктати тіло, яке рухається і гальмує його рух. У разі руху в повітрі тіла, яке має обтічну форму, струмені повітря ніби «розступаються» перед ним, а позаду нього знову сходяться, вирівнюються і утворюють паралельні лінії. Таке обтікання тіла називається плавким струменевим, не вихровим (ламінарним). Отже, тілам потрібно надавати такі форми, за якої утворення вихорів було б мінімальним. Це подовжені, краплеподібні або сигароподібні форми, звані обтічними.

# **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ІНЖЕНЕРНОЇ ЕКОЛОГІЇ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ. ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ГОСПОДАРЧО-ПИТНОЇ ВОДИ ТА ВОДИ, ЩО СКИДАЄТЬСЯ У ВОДОЙМИЩА**

## **МЕТОДИ ДЕФОСФОТИЗАЦІЇ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД**

**Бегучова В.І.**

*Науковий керівник – Благодарна Г.І., канд. техн. наук, доцент*

Актуальність проблеми дефосфотизація міських стічних вод полягає у тому, що фосфати, які потрапляють у навколишнє середовище, поряд з деякими іншими речовинами призводять до евтрофікації водойм, що в свою чергу згубно впливає не тільки на підготовку води, а й на живих організмів, що мешкають у водоймах, а також зараженню водойм хвороботворними бактеріями. Потрапляючи в водойми, фосфати сприяють розмноженню синьо-зелених водоростей, які покривають поверхню водойм плівкою, що перешкоджає надходженню в воду кисню і сонячного світла. Розкладаючись, водорості виділяють у воду у великих кількостях метан, аміак, сірководень, що вбивають все живе у водоймах. Один грам триполіфосфатів сприяє зростанню від п'яти до десяти кілограмів синьо-зелених водоростей. Тому цю проблему треба вирішувати і для цього пропонуються перспективні методи видалення фосфора зі стічних вод. Розглянемо чотири методи дефосфотизації: біологічний, фізичний, хімічний та комбінований.

Біологічний метод. Біологічне видалення фосфору ґрунтується на поглинанні фосфору аеробними гетеротрофами, здатними зберігати ортофосфати понад біологічних потреб мікроорганізмів в поживних речовинах для росту. Бактерії, які беруть участь в процесі біологічного видалення фосфору, здатні запасати в клітинах до 50% від маси сухої речовини фосфору у вигляді поліфосфатів. Ці поліфосфати використовуються в анаеробних умовах для підтримки життєдіяльності бактерій. Для нормального поведінки цього процесу потрібно, щоб в системі з активним мулом були анаеробні, аноксидних і аеробні зони. Біологічні методи очищення стічних вод за технологіями анаеробно-аноксидно-оксидної обробки досить ефективні, та дозволяють знизити вміст загального фосфору в очищеній воді до 1-1,5 мг/л.

Фізичний метод. Фізичні методи видалення фосфору припускають відстоювання або фільтрування стічної рідини. Ефект видалення органічного фосфору залежить від ефекту видалення завислих речовин. Ці методи прості, але малоефективні, так як фосфор

можна видалити максимум на 10%.

*Хімічний метод.* Принцип даного методу полягає в тому, що в оброблювану воду вводиться реагент, який дозволяє видалити з неї фосфору з супутніми процесами дестабілізації зважених речовин, включаючи колоїди, зв'язування частини розчинених органічних речовин, утворення малорозчинних форм  $\text{FePO}_4$  і комплексів типу  $(\text{Ca})_a(\text{Fe})_b(\text{H}_2\text{PO}_4)_c(\text{OH})_d(\text{HCO}_3)_e$ , а також  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  та  $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$ . Залежно від місця введення реагенту відбуваються деякі з перерахованих процесів в поєднанні з видаленням фосфору.

Досвід роботи з реагентом  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  на одній з каналізаційних очисних станцій показав, що рівень вмісту алюмінію в очищеній воді неприпустимо високий (0,25-0,5 мг/л при ГДК 0,04 мг/л), застосування  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  - нерационально, оскільки через підлужування води до pH 10-11 потрібно подальше підкислення стоку. Таким чином, стабільне зниження концентрації фосфору до 0,2 мг/л може бути забезпечено рівномірною подачею реагенту дозою 1,5-2 г/м<sup>3</sup> по  $\text{Fe}^{3+}$  в циркулюючий активний мул.

*Комбінований метод.* Комбінований метод заснований на поєднанні біологічного і хімічного методів видалення фосфора зі стічних вод. При гідрохімічному контролі важко розділити загальний фосфор на складові розчинні, нерозчинні форми органічного і мінерального фосфору, тому, раціонально застосовувати процес який називається «Phostrip». Phostrip – процес вилучення фосфору. У цьому процесі крім біологічного видалення азоту і фосфору використовується додаткове вилучення фосфору (до 95%) за допомогою хімічних реагентів.

Хіміко-біологічне видалення фосфору є досить економічним і ефективним способом очищення стічних вод, але його застосування обмежене умовами спалювання осадів на очисних станціях.

Щоб остаточно зробити висновок який із методів кращий треба більш детально розглянути перераховані вище методи дефосфотизації. В цьому і полягає наша дослідницька робота, яка буде аргументована лабораторними дослідженнями і результатами практичних застосувань.

## **ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ТА НАФТОШЛАМУ ПІСЛЯ НАФТОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

**Варнавська О.В.**

*Науковий керівник – Касімов О.М., д-р техн. наук, професор*

Актуальною проблемою сьогодення є забруднення води та навколишнього середовища нафтопродуктами від нафтопереробних під-

приємств. Після відпрацювання нафти у технологічному процесі, утворюється так званий нафтошлам, саме його заховання шкодить екосистемі.

Нафтошлами – це складні фізико-хімічні суміші, які містять у собі нафтопродукт, механічні домішки та воду. Такі відходи майже не розкладаються та є загрозою екологічній безпеці. Крім цього не використовуються важливі земельні ресурси. Нафтошлам містить значну кількість нафтопродуктів тому його слід віднести до вторинних матеріальних ресурсів, а стічна вода після очищення придатна до повторного використання. Саме тому так гостро стає питання про необхідність переробки нафтошламу у шламосховищах.

У «Науково-технічному центрі металургійної промисловості «Енергосталь» було розроблено комплекс для переробки стічних вод та нафтошламів, забруднених нафтопродуктами «STORM-15». Таке технологічне рішення призначене для розділення (переробки) рідких та твердих нафтовмісних відходів (донних осадів, нафтових шламів) на суміш рідких вуглеводів, тверду фазу и воду необхідної якості.

Комплекс «STORM-15» був успішно впроваджений для переробки нафтошламу у сховищах Лисичанського та Волгоградського нафтопереробного заводу.

Таблиця 1 – Складові частини комплексу «STORM-15»

Найменування	Кількість
1. Блок вилучення вихідного продукту	1
2. Блок підготовки пульпи	1
3. Блок очистки великорозмірних включень пульпи	1
4. Блок розділення пульпи на рідку та тверду фазу	1
5. Блок сепарації рідкої фази	1
6. Блок вивантаження твердої фази	1
7. Блок зберігання вуглеводів	1
8. Система циркуляції ТВК	1
9. Блок підготовки ТВК	1
10. Операторна	1

Вода після очищення повністю підготовлена для використання в технічних та технологічних потребах, або спуску до водойму з можливістю її подальшого відбору та підготовки для господарсько-побутових цілей. Вимоги якості очищеної води можуть уточнюватися відповідно до діючих вимогах на нафтопереробному заводі.

Вимоги до якості очищеної води:

- нафтопродуктів не більше 6 мг/л;
- сульфідів не більше 1 мг/л;
- рН 6.5 – 8.5

- вміст механічних домішок та суспензій не більше 0,5%
- вміст вуглеводів не більше 0,5%

Економічна ефективність досягається завдяки продажу, або використанню отриманого очищеного нафтопродукту. Галузі використання нафтопродуктів можуть бути різні, наприклад дорожнє будівництво, де вони використовуються як додаток до основних компонентів, підвищуючи якість асфальтобетонної суміші за рахунок підвищення міцності, зниження водопоглинання та зменшення вартості дорожнього покриття. Другою галуззю за об'ємом використання є виробництво будівельних матеріалів. Також нафтошлам можна використовувати у якості компонентів котельного палива та товарної нафти.

*Висновок.* Впровадження комплексу переробки нафтошламу є найбільш ефективний спосіб утилізації відходів. Таким чином ми раціонально використаємо природні ресурси, отримаємо маловідходне виробництво, значно зменшимо шкідливий вплив на навколишнє середовище, а отриманий товарний продукт (нафтопродукти) відшкодовує частину виробничих витрат та робить таку систему економічно вигідною.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФІЛЬТРУВАННЯ ВОДИ НА ОЧИСНИХ СПОРУДАХ ВОДОПРОВОДУ**

*Гресь О.В.*

*Науковий керівник – Душкін С.С., д-р техн. наук, професор*

Ефективність роботи очисних споруд з фільтрування води визначається не тільки їх конструктивними особливостями і гідравлічними умовами, але фізико-хімічними та структурно-механічними властивостями.

Одна з основних задач підвищення ефективності процесу фільтрування води – це поліпшення таких властивостей як:

- Застосування нових фільтруючих матеріалів з добре розвинутою питомою поверхнею зерен і великою пористістю завантаження;
- Створення фільтрів з багат шаровою або неоднорідною одношаровою завантаженням, що забезпечує фільтруванням високо каламутних вод у напрямку зменшення крупності зерен при помірному зростанні втрат напору;
- Штучне підвищення активності поверхні зерен завантаження шляхом нанесення на неї активних молекулярних груп, що збільшують позитивний заряд потенціалу поверхні;
- Попередньою обробкою води, що надходить на зернисті фільтри, флокулянтами (поліакриламід).



- Удосконалення збірно-розподільчих систем фільтрів, домагаючись одночасного підвищення рівномірності розподілу промивної води площею фільтра, здешевлення конструкції, підвищення її надійності та спрощення технології монтажу;

- Вдосконалення технології промивки фільтрів;

Вода, що надходить на водопровідні фільтри, містить в собі речовини різного ступеня дисперсності. Загальна концентрація цих речовин зазвичай невелика.

При фільтрації через товщу зернистого завантаження водопровідних фільтрів складу системи змінюється. Досвід показує, що практично помітні зміни відносяться до змісту порівняно великих суспендованих частинок. Це дає право розглядати фільтрацію води на водопровідних фільтрах, як фільтрацію суспензій. Відповідно до сучасної інтерпретації швидке фільтрування представляє фізико-хімічний процес, заснований на адгезії зважених і колоїдних домішок води до зерен фільтруючого матеріалу.

Особливості роботи і експлуатації швидких фільтрів очисних споруд водопроводу для підвищення ефективності їх роботи є метод інтенсифікації процесу фільтрування води із застосуванням активованих розчинів флокулянтів.

Підбір відповідної зернистого завантаження фільтрів дуже важливий для їх нормальної роботи. Обраний фільтруючий матеріал повинен відповідати ступенем однорідності розміру зерен і технічним вимогам за фракційним складом, а також по механічній міцності і хімічній стійкості в оброблюваній воді.

Підвищити адсорбційні і адгезійні властивості зернистого завантаження можна шляхом її модифікації, тобто створення на її поверхні додаткових активних центрів і зарядів, протилежних за знаком заряду частинок забруднювача. Технологічно це можна здійснити шляхом замочування фільтруючого завантаження протягом 5-30 хв. розчином поліакриламід, розчином сульфату алюмінію та ін.

При цьому поліпшується якість фільтрату, як по кольоровості, так і по каламутності. Також збільшується пропускна здатність фільтра в середньому на 50-60%.

## ОЧИСНІ СПОРУДИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД АВТОМИЙОК

*Гриненко Н.І.*

*Науковий керівник – Дегтяр М.В., канд. техн. наук, доцент*

Забруднення навколишнього середовища – одна з основних проблем екології міста. На даний момент потужними джерелом забруднення навколишнього середовища є автомобільний транспорт. У сучасному житті автомобіль річ першої необхідності. Як наслідок, кількість автомобілів збільшується з кожним роком, а вимоги до технічного стану та зовнішнього вигляду постійно посилюються. Для підтримання автомобіля в належному вигляді використовують автомийки.

Часто автомийки асоціюються із забрудненням навколишнього середовища, адже вони використовують велику кількість миючих хімічних засобів.

Якісно очистити автомобіль від забруднень тільки за допомогою води під великим тиском неможливо. Тому в технологічних схемах очисних споруд застосовуються спеціальні миючі засоби, що містять поверхнево-активні речовини (ПАР), які потрапляють у стічні води автомийок. Найнебезпечнішими речовинами, які містяться в стічних водах автомийок, і завдають значної шкоди навколишньому середовищу, зокрема водних об'єктів, є нафтопродукти, солі важких металів, ПАР, автошампуні, біологічні забруднення, тощо.

За чинними нормативними документами води від мийки автомашин допускається скидати у міську мережу каналізації тільки після їх очищення на локальних очисних спорудах. Системна і якісна очистка стічних вод автомийок в даний час є важливою складовою екологічної безпеки.

Проблема полягає в тому що склад стічних вод, їх властивості залежать від пори року, метеорологічних і кліматичних умов, стану доріг, технічного стану автомобіля, а також технологічної схеми мийки. На якість і продуктивність технологічної операції-мийки впливають склад, концентрація і температура миючих розчинів; тиск розчину і т.п.

Існують два основних напрямки в способах очищення стічних вод – локальне очищення із скиданням стічних вод в каналізацію та використання оборотного циклу. Локальна очистка стічних вод передбачає одноразове використання води з наступним очищенням забруднених стічних вод перед скиданням у міську каналізацію або по-

верхнєві водойми, а оборотне водопостачання передбачає очищення єдиним потоком і повернення води на автомийку.

Стічна вода від автомийок, повинна очищатися не тільки від фізичних, хімічних домішок, але і для підвищення екологічної безпеки від біологічних забруднень.

Проаналізовано різні технологічні схеми очищення стічних вод автомийок. Для ефективного очищення стічних вод запропоновано технологічну схему, що включає відстоювання і фільтрацію з попереднім введенням флокулянта.

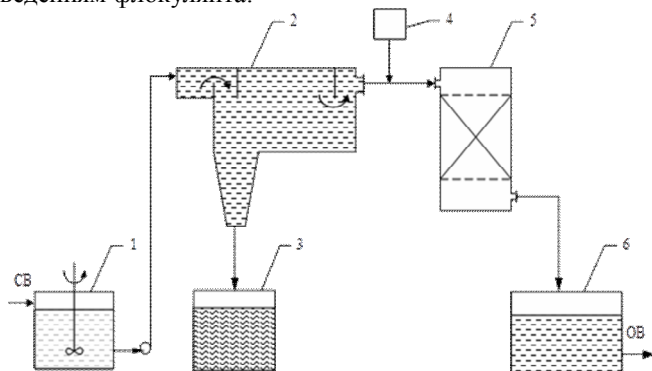


Рисунок 1 – Схема очищення стічних вод автомийок:

СВ – стічна вода; ОВ – очищена вода;

1 – приймач; 2 – відстійник; 3 – шламонакопичувач;

4 – подача флокулянта; 5 – фільтр; 6 – блок чистої води

Таким чином, проблема накопичення та очищення стічних вод автомийок на даний момент стоїть доволі гостро, кількість машин, а отже кількість стоків неухильно зростають, тому облаштування кожної автомийки локальними спорудами очищення є необхідною вимогою сьогодення.

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ

*Дворовенко А.І.*

*Науковий керівник – Шевченко Т.О., канд. техн. наук, доцент*

Знезараження питної води є важливим заключним етапом загальної очистки води. Питна вода безпосередньо споживається людиною і повинна відповідати самим жорстким гігієнічним нормативам.

Знезараження використовується на міських станціях водочищення, в харчовій промисловості, при очищенні стічних вод і т.д. В

останні роки системи знезараження води також стали затребувані в сфері індивідуального замиського будівництва.

Способи очищення і знезараження води постійно удосконалюються. Залежно від вихідних умов і поставленого завдання можуть розглядатися і застосовуватися різні методи очистки води від хвороботворних мікроорганізмів.

Сучасні методи знезараження води за своєю ефективністю поділяються на фізичні методи і хімічні методи знезараження води.

*Хлорування води.* Всім добре знайоме традиційне знезараження води хлором або хлорвмістними сполуками – наприклад, гіпохлоритом натрію. Метод дешевий і досить ефективний. Однак, хлорування має серйозні недоліки:

- не гарантується повне знищення всіх хвороботворних мікроорганізмів;
- високий залишковий вміст хлору після проведення знезараження.

В результаті чого потрібна додаткова очистка води від сполук хлору. Без доочистки тривале користування хлорованою водою може завдати шкоди здоров'ю. Сьогодні промисловість, комунальні служби і приватний користувач мають можливість застосовувати сучасні, більш досконалі види знезараження води.

*Знезараження озоном.* Озон – це трьохатомна модифікація молекули кисню. Потужна бактерицидна дія озону пояснюється його високими окислювальними властивостями. Паралельно зі знезараженням озонування може відновити органолептичні властивості води – прибрати кольоровість, запах, присмак. Недолік методу – виробництво озону дорогартісне. Потрібні спеціальні корозійностійкі матеріали через те, що залишковий озон руйнує металеві труби і обладнання. Крім цього через високу хімічну активність при взаємодії озону з деякими речовинами утворюються шкідливі хімічні сполуки.

*Дезінфекція води марганцівкою (перманганатом калію).* Застосування даної хімічної сполуки в концентрації 0,01–0,1% для людини безпечно. Наприклад, слабким розчином марганцівки полощуть горло, промивають рани і шлунок, обробляють насіння рослин. Бактерицидний ефект заснований на високих окислювальних властивостях перманганату калію.

*Фізичні методи знезараження води: Знезараження ультразвуком.* Бактерицидна дія заснована на механічному руйнуванні клітинних оболонок бактерій у полі звукової хвилі. Ультразвук проводиться спеціальним генератором – п'єзоелектричним або магнітострикційним. Для ефективного знезараження води використовується частота звуку

48 000 Гц. Про ефективність впливу звукових коливань з частотою більше 20 000 Гц на фізичні об'єкти говорить той факт, що за допомогою ультразвуку можна різати метал і обробляти алмази.

*Ультрафіолет.* Ультрафіолетове випромінювання без натяжок можна визначити як найдосконаліший на сьогодні засіб для знезараження води. Ультрафіолетові промені відносяться до невидимої короткохвильової частини спектра. При обробці води УФ-променями повністю відсутні будь-які негативні наслідки. Для збільшення ефективності УФ-знезараження досить збільшити потужність випромінювача. Термін служби бактерицидної лампи становить кілька тисяч годин. Монтаж і технічне обслуговування УФ-знезаражування не представляє ніяких складнощів.

*Висновок.* У багатьох випадках найбільш ефективним виявляється комплексне застосування реагентних і безреагентних методів знезараження води. Поєднання УФ-знезараження з подальшим хлоруванням малими дозами забезпечує найвищу ступінь очищення і відсутність вторинного біоабруднення води. Обробкою води басейнів УФ-опромінюванням в поєднанні з хлоруванням досягається не тільки високий ступінь знезараження, зниження граничної концентрації хлору в воді, але і істотна економія коштів на витраті хлору і поліпшення обстановки в самому басейні.

## **ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСУ КОАГУЛЯЦІЇ ДОМІШОК ПРИРОДНИХ ВОД**

***Євдошенко В.В.***

*Науковий керівник – Душкін С.С., д-р техн. наук, професор*

Природна вода являє собою багатокомпонентну динамічну систему, до складу якої входять гази, мінеральні та органічні речовини, що знаходяться в істинно розчиненому, колоїдному і завислому стані, а також мікроорганізми.

Різноманіття присутніх у воді домішок і забруднень вимагає науково обґрунтованої їх класифікації, що дозволяє об'єднати їх за ознакою спільних властивостей в окремі групи. Класифікація запропонована Л. А. Кульским, заснована на спільності фізико-хімічних характеристик домішок, що знаходяться у водних середовищах, тобто на їх здатності утворювати гомогенні і гетерогенні водні системи. Сутність класифікації полягає в тому, що всі домішки води по відношенню до дисперсного середовища розділені на чотири групи. Перша група являє собою нерозчинні домішки які утворюють з водою суспензії, емульсії або піни. Ці домішки зумовлюють каламутність та кольоровість води.

Друга група домішок об'єднує гідрофільні і гідрофобні мінеральні колоїдні частинки ґрунтів, нерозчинні форми високомолекулярних гумінових речовин. До цієї групи також відносяться віруси та інші мікроорганізми, близькі за розмірами до колоїдних часток. Третя група домішок включає молекулярно-рівноважні з'єднання – гази, органічні речовини такі як бактерії, водорості, феноли, спирти, альдегіди і різноманітні продукти життєдіяльності. Вони надають воді найрізноманітніші присмаки і запахи, а іноді і забарвлення. Четверта група домішок включає в себе електроліти – речовини з іонним або сильнополярним зв'язком, які під впливом полярних молекул води розпадаються на іони.

Систематизація домішок на основі їх фізико-хімічних характеристик використовується для класифікації технологічних процесів обробки води. Враховуючи ці властивості можна здійснювати вибір найбільш оптимальних і економічних процесів обробки води.

Більшість речовин, які обумовлюють мутність і кольоровість води з поверхневих джерел, відносяться до гідрофобних колоїдів. Колоїдні частинки, що перебувають у воді, прагнуть впорядковано розподілитися в об'ємі середовища, тобто відбувається дифузія. Співвідношення двох протилежних сил – тяжіння і дифузії залежить від ступеня дисперсності частинок: чим крупніші частинки, тим менше вони схильні до броунівського руху і тим інтенсивніше осаджуються; якщо частинки менше, вони повільніше опускаються під дією сили тяжіння.

Основними складовими фізико-хімічних основ коагуляції є:

- домішки природних вод мають різну ступінь дисперсності: найбільш важковиделяємі в процесі очищення води є колоїдні та близькі до них за розміром домішки, які обумовлюють мутність і кольоровість води. Для їх видалення застосовують коагуляцію, в результаті якої частки укрупнюються, після чого вони вже можуть бути видалені з води механічним шляхом;

- з усіх факторів, що викликають коагуляцію колоїдних і близьких до них за розмірами домішок природних вод, найбільш глибоко та всебічно вивчено коагулюючу дію електролітів. В даний час існує кілька теорій коагуляції колоїдних домішок електролітами, а саме: адсорбційна, електростатична і фізична;

- в процесі коагуляції при очищенні води можливі такі випадки: адитивна дія, при якому ефект коагуляції окремих коагулюючих іонів підсумовується; сенсibilізація, коли спостерігається посилення коагулюючої дії одного електроліту при додаванні іншого електроліту; антагонізм іонів, в результаті якого коагулююча дія одного електроліту послаблюється додаванням іншого; колоїдний захист, обумовлений

тим, що частинки гідрофільних колоїдів покривають гідрофобні колоїди; взаємна коагуляція.

## **ПРОБЛЕМА РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД КАНАЛІЗАЦІЇ НЕВЕЛИКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ**

**Єрємiна В.О.**

*Науковий керівник – Шевченко Т.О., канд. техн. наук, доцент*

До очисних споруд малих міст і селищ міського типу слід віднести станції пропускною спроможністю від 500-10000 м<sup>3</sup>/добу. Характерною особливістю невеликих населених пунктів є не тільки високий коефіцієнт нерівномірності надходження стічних вод на очистку, що змінюється від 1,55 до 2,5 і вище, але в багатьох випадках різкі зміни концентрацій забруднень в стічних водах за рахунок надходження промислових стоків. За даними обстежень багато раніше запроектовані і побудовані очисні споруди невеликих населених пунктів або взагалі не працюють, або працюють із значним перевантаженням за водою і концентраціями забруднень.

Ще 25-30 років тому каналізаційні очисні споруди (КОС) були побудовані й працювали в кожному, навіть не дуже великому, населеному пункті, де було централізоване водопостачання (на той час обов'язкова вимога). Крім того, очисні споруди працювали практично на всіх переробних підприємствах.

Раніше на всіх КОС передбачалось механічна та біологічна очистка (у деяких випадках проводилось доочищення стоків). Типова технологічна схема включала такі споруди та обладнання:

- решітки й піскоуловлювачі;
- первинні відстійники;
- аеротенки (інколи біофільтри);
- вторинні відстійники;
- піскові та мулові площадки.

Виробничі приміщення на КОС, які не працюють, в більшості випадків зруйновані, обладнання розкрадено. Ті, що збереглися, потребують реконструкції.

На багатьох спорудах, які були виконані в бетоні, залишилися блоки ємностей, які частково можна використовувати. Існують різні способи відновлення бетонних поверхонь, такі як футеровка їх внутрішньої поверхні поліетиленовими листами або ремонт бетонних поверхонь в використанні сучасних сумішей.

Такі блоки ємностей можуть бути придатні як для старих, так і для сучасних технологій очистки стоків. На КОС, які нібито працю-

ють, де збереглися виробничі приміщення і застаріле обладнання, сьогодні типовими є наступні проблеми:

- обладнання, як правило, енергоємне, громіздке і малоефективне;
- решітки майже всюди вийшли з ладу (піддалися корозії);
- щитові затвори з «чорної» сталі також проржавіли;
- бетонні розподільні лотки щорічно, після зими, руйнувалися, і на даний час потребують серйозного ремонту;
- аераційні системи в аеротенках вийшли з ладу, частково збереглися зовнішні повітропроводи;
- більшість очисних споруд, де використовувалися біофільтри з щелевним завантаженням, не працюють;
- рідко де працює ерліфт або гідроелеватори в піскоуловлювачах;
- через відсутність обладнання для механічного зневоднення надлишкового мулу і осаду та їх утилізації, мулові й піскові майданчики здебільшого переповнені;
- гребені переливів у відстійниках покосилися або злегка надщерблені;
- скребкові механізми та мулососи в радіальних відстійниках піддаються корозії швидше, ніж їх встигають ремонтувати;
- постійного ремонту потребують металеві трапи і огорожувальні конструкції.

Мотивацією для реконструкції очисних споруд можуть бути:

1. Суттєве здешевлення вартості експлуатації очисних споруд.
2. Скасування обмежень на скидання всіх стоків, за винятком залпових скидів.
3. Використання очищених каналізаційних стічних вод для вторинного застосування для пожежно-технічних цілей, поливу зелених насаджень і т.д.
4. Досягнення норм ГДК на скид.
5. Реконструкція КОС для малих міст має бути вигідною як з економічної так і з екологічної точок зору.

## **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ КОАГУЛЯЦІЙНОЇ ОЧИСТКИ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРО-ПІСКУ**

**Кияшко О.О.**

*Науковий керівник – Дегтяр М.В., канд. техн. наук, доцент*

Перспективним напрямком підвищення продуктивності та ефективності очищення води є введення під час коагуляції спеціальних об-



тяжучих добавок, наприклад, глини, порошків перліту, дрібної фракції кварцового піску. Вони стають центрами коагуляції і сприяють сепарації утвореного шлам, що дозволяє збільшити продуктивність і якість очищення, але підвищує витрати на реагенти і збільшує обсяг відходів.

Найбільш результативним рішенням, що дає можливість різко збільшити продуктивність і ефективність процесу, є технологія, що забезпечує проведення інтенсивної контактної коагуляції і швидке осадження її продуктів за рахунок введення мікро-піску з подальшим його відділенням від отриманого шлам і з поверненням в процес.

Процес відрізняється від традиційного освітлення тим, що він передбачає на стадії пластівцеутворення додавання мікро-піску в якості баластного агенту. У технологічному процесі мікро-пісок виконує кілька важливих функцій:

- високе відношення питомої поверхні до об'єму частинок мікро-піску служить передумовою для формування пластівців;
- введення мікро-піску і флокулянта сприяє зчепленню зважених речовин і приводить до формування великих стійких пластівців;
- відносно висока питома вага мікро-піску служить баластом для утворення пластівців високої щільності;
- хімічно нейтральний мікро-пісок не вступає в реакцію з хімічними речовинами, які беруть участь в процесі, що забезпечує його ефективне видалення з хімічного мулу і повторне використання в процесі.

Компанія «Kruger» (Veolia) розробила вдосконалену технологію під назвою Актіфло (Actiflo) з введенням мікро-піску для обтяження осаду (Sand – Ballasted Flocculation Technology), в якій стадії змішування реагентів, коагуляції і флокуляції розділені і оптимізовані за часом контакту і інтенсивністю перемішування. Згідно проведених досліджень по продуктивності ці установки перевищують в декілька разів традиційні (за деякими даними до 8-10 разів).

Основна ідея технології Актіфло полягає у використанні мікро-піску заданого фракційного складу, оптимального для прискорення процесів коагуляції та відстоювання, в подачі всієї отриманої пульпи на гідроциклон, що відокремлює пісок від осаду і повернення піску в процес. Для процесу використовують спеціальний кварцовий мікро-пісок (Actisand™) в якості центрів для пластівцеутворення. Він забезпечує розвинену поверхню, яка підсилює флокуляцію і одночасно є баластом, що прискорює осадження. Це забезпечує проведення інтенсивної контактної коагуляції і швидке осадження її продуктів. Пласті-

вці, обтяжені мікро-піском, мають унікальну характеристику осадження: вертикальна швидкість для питної води досягає 40-80 м / год.

В результаті дані чинники забезпечують одержання стійкого до зміни якості вихідної води процесу, який ефективний при очищенні малокаламутних кольорових вод, за умови надійності систем дозування реагентів і системи контрольно-вимірювальних приладів та апаратури.

При використанні мікро-піску пластівці, що утворюються більш стійкі і щільні та мають значно вищу швидкість осадження, ніж пластівці, отримані при використанні традиційних технологій освітлення. Все це призводить до збільшення продуктивності, що в свою чергу дозволяє зменшити обсяг установок, скоротити їх площу і знизити витрати на будівельні роботи. Вартість таких систем складає, в залежності від необхідної продуктивності і ступеню очищення, від 20 000 до 5 000 000 доларів США. Використання даної технології сприяє зменшенню необхідної дози коагулянту та флокулянту, і як наслідок забезпечує значну економію коштів.

## **ВОДОВІДВЕДЕННЯ МАЛИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛОКАЛЬНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД**

*Дук'янова Х.І.*

*Науковий керівник – Сорокіна К.Б., канд. техн. наук, доцент*

Рівень доступу населення до водопостачання і каналізації є одним з елементів, які визначають якість життя людини. Актуальною проблемою центральної і місцевої влади є забезпечення однакового рівня життя в мегаполісах та невеликих населених пунктах. В Україні забезпечені централізованою системою водовідведення 95% міст, 57% малих населених пунктів і лише 3% селищ. Інші взагалі не мають централізованої каналізації. За даними на рисунку 1 можна порівняти ситуацію, що склалася, з іншими країнами Європи.

З діаграми на рисунку 1 видно, що більшість країн використовують вигрібні ями (більше 75% сільського населення). З точки зору очищення стічних вод ця система дуже недосконала, оскільки передбачає лише накопичення або попереднє очищення стоків і не розрахована на повноцінний процес очищення стічних вод від забруднень до нормативних показників.

По всьому світу почали виробляти автономні очисні споруди (локальні очисні споруди, ЛОС). Вони всі практично однакові за принципом очищення, але різні за технологією, розміром, формою та умовами експлуатації. Використання локальних очисних споруд доцільно в ра-

йонах з низькою щільністю населення, які не мають можливості підключення до централізованої каналізації внаслідок того, що вона далеко розташована, або взагалі відсутня.

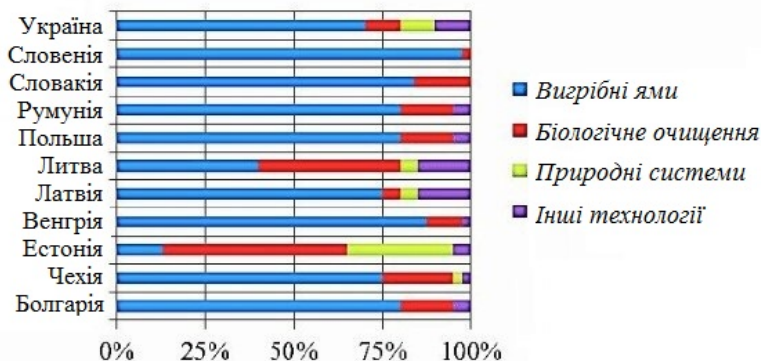


Рисунок 1 – Розподіл типів систем очищення стічних вод в сільській місцевості в різних країнах

Компактні очисні споруди складаються з модулів максимальної заводської готовності. Все обладнання та елементи поставляються у вигляді блок-контейнерів, розміри яких дозволяють перевозити їх будь-яким видом транспорту і забезпечують легкий монтаж на місці експлуатації. Рівень автоматизації технологічних процесів такої системи спрямований на мінімізацію людського фактору при обслуговуванні.

Очисні споруди для невеликих населених пунктів виробляють з використанням сучасних технологій і високоякісних матеріалів. Очисні споруди каналізації для селищ забезпечують повноцінне водокористування в умовах відсутності єдиної міської каналізаційної мережі, вони дозволяють ефективно вирішити задачу первинного очищення стоків з їх подальшим доочищенням і знезараженням. Такі стічні води допускається скидати на рельєф, в природні водойми.

Одночасно з тим, що вивізна система видалення стоків порівняно з каналізацією має цілий ряд санітарних недоліків, вона ще й економічно не вигідна – видалення стоків при вивізній системі майже в 10 разів дорожче будівництва та експлуатації каналізаційних очисних споруд.

Системи каналізації, в яких використовують локальні очисні споруди, повністю відповідають наявним санітарним нормам, мінімізують ризик контакту з небезпечними мікроорганізмами, які живуть в стоках і, як наслідок, ймовірність зараження різними хворобами. Сучасні спо-

руди для очищення побутових стоків в селищах прості в експлуатації та не вимагають складного обслуговування.

## ОЧИСТКА СТИЧНИХ ВОД МОЛОЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Остапенко Л.С.*

*Науковий керівник – Шевченко Т.О., канд. техн. наук, доцент*

При проектуванні об'єктів молочної промисловості в 60-70-х роках ХХ століття вважалося, що стічні води цих виробництв не несуть якусь загрозу для очисних споруд, тому що вони легко окислюються, не токсичні і забруднені в основному органічними речовинами, які легко можуть бути оброблені на міських очисних спорудах.

Також враховувалося, що води молокозаводів при розведенні побутовими водами дадуть зниження концентрації в межах допустимих для прийому на очисні споруди. З цієї причини багато молокозаводів не тільки позбавлені будь-якої локальної системи очистки, але і не передбачена територія для їх розміщення. Це важливо, тому що більшість молокозаводів, побудованих за радянських часів на території України, збереглися і працюють нині.

Відпрацьовані води молокопереробних заводів відносяться до категорії висококонцентрованих стічних вод, нестабільного складу, кількість органічних речовин за біхроматною окислюваністю (ХПК) протягом доби може коливатися від 800 до 4000 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>

Виходячи зі складу стічних вод молокозаводів вважаємо, що для вирівнювання навантаження на очисні споруди, для стічних вод молокозаводів необхідно їх усереднення, тобто наявність усереднювача на молокозаводах є обов'язковою, а в перспективі сироватка повинна перероблятися або вивозитися. Метою даної роботи було вивчення існуючих методів очистки стічних вод молокозаводів і вибір напрямку їх інтенсифікації.

Стічні води підприємств молокопереробної промисловості в залежності від умов їх подальшого скидання піддаються різноманітним методам очистки: механічним, фізико-хімічним, біологічним.

Ефект очистки фізико-хімічним способом, незважаючи на те, що стічні води являють собою складну полідисперсну систему, в яку входять суспензії, емульсії, колоїди і частково розчинні речовини, невисокий.

Стічні води молокопереробних підприємств характеризуються досить сприятливими для нормального перебігу процесу біологічної очистки співвідношенням БПК і ХПК, а також співвідношенням БПК до азоту і фосфору. Тому стоки молокозаводів в переважній більшості

піддають біологічній очистці усіма відомими способами і практично у всіх типах споруд.

В Україні на ряді підприємств особливо в сільській місцевості та селищ міського типу для очистки стічних вод молокозаводів використовують біоставки.

Застосування біоставків як самостійних очисних споруд для стічних вод молокозаводів не може забезпечити якість очищеної води, яка відповідає нормативним вимогам для скидання стічних вод у водні об'єкти. Це пов'язано в першу чергу з високим вмістом органічних речовин, а також зважених (сироватковий білок) і недостатньо ефективної очистки стічних вод в зимовий період.

Біологічні фільтри застосовуються для очистки стічних вод молокозаводів в якості самостійних споруд або в складі системи багатоступеневих споруд в поєднанні з іншими типами біоокислювачів. Як самостійні очисні споруди за кордоном застосовуються дискові біофільтри. Цей тип біологічних фільтрів має низку переваг, основним з яких є:

- низькі енерговитрати;
- простота експлуатації;
- можливість заводського виготовлення;
- високий ступінь очистки;

На дискових біофільтрах досягається ефективність видалення ХПК на 97% при навантаженні до 14,5 кг ХПК/(м<sup>3</sup>/добу), вихідної ХПК 2000мг/дм<sup>3</sup> і рН - 6,5.

Є дані про очистку стічних вод молокозаводів анаеробними методами зокрема в метантенках.

Найбільш поширеним методом біологічної очистки стічних вод молокозаводів є очистка їх в аеротенках.

**ВИСНОВКИ:** Стічні води молокопереробних підприємств відносяться до категорії висококонцентрованих стічних вод нестабільного складу. Значні концентрації органічних забруднень, знаходяться в основному в розчиненому і колоїдному стані. Для очищення стічних вод застосовуються різні методи і типи споруд. Ставлення БПК до ХПК, а також БПК до азоту і фосфору свідчить про доцільність здійснення біологічної очистки.

## ЗАСТОСУВАННЯ БІОСОРБЦІЙНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

*Стужук О.А.*

*Науковий керівник – Чуб І.М., канд. техн. наук, доцент*

Проблема очищення вод від забруднень залишається однією з актуальних проблем людства. Вона обумовлена високим рівнем забрудненості водних об'єктів, основними джерелами якої є стічні води. Для кожного типу промислових виробництв характерний свій склад стічних вод.

Найбільш небезпечні для водойм стічні води підприємств хімічної і нафтохімічної промисловості, тому що вони характеризуються складним і змінним складом, високою токсичністю, переважним вмістом розчинених, а не зважених забруднень. Тому широко застосовувані біологічні методи очищення таких вод не завжди забезпечують якість очищеної води, достатньої для її скидання у водойми або для повторного використання води на підприємствах.

В даний час актуальною є задача розробки технологічних схем для інтенсифікації традиційних процесів очищення води. Це викликано тим, що з різних причин (нарощування виробництва, моральне і фізичне зношення очисних споруд) наявні у підприємств очисні споруди не справляються з очищенням стічних вод, а введення нових потужностей пов'язане з великими економічними витратами.

Останнім часом публікуються численні дані про високу ефективність роботи систем очищення СВ, які суміщають процеси адсорбції і біоокислення за рахунок одночасного використання адсорбентів (активоване вугілля, синтетичні і природні цеоліти, кокс, глини та ін.) і активного мулу. Цей комбінований метод отримав назву біосорбції і виділяється в самостійний технологічний процес.

Біосорбційний метод здійснюється шляхом додавання порошкоподібного або гранульованого активованого вугілля в зону аерації. Додане активоване вугілля виконує дві функції: по-перше, є носієм іммобілізованих мікроорганізмів; по-друге, завдяки його великій сорбційній ємності забезпечується швидка адсорбція токсичних, важкоокислюваних речовин.

Для застосування біосорбційного методу очищення стічних вод на міських очисних спорудах необхідно запропонувати дешеві високоєфективні сорбенти. Для вибору сорбенту проводилися дослідження. Вивчалися сорбційні властивості в статичних умовах традиційних сорбентів і дешевших, таких як бурий напівкокс, антрацит. У перспективі пропонується вивчення сорбційних здібностей вживаних сорбентів

різних виробництв: фармацевтичних, водопровідних станцій і т.д. Є виробництва, в яких сорбенти використовуються для технологічних потреб і мають обмеження щодо строків використання або часто вибухають для заміни. Таким чином, створюються проблеми з утилізації відпрацьованих дорогих сорбентів. Повторне використання відпрацьованих сорбентів на каналізаційних очисних спорудах дозволить не тільки поліпшити якість очищення стічних вод, а й вирішити екологічні проблеми утилізації промислових відходів.

Перевагою методу сорбції є те, що, при правильному підборі сорбентів, стічну воду можна очищувати від багатьох забруднень практично повністю. За допомогою сорбентів з води можна витягувати забруднюючі речовини при будь-яких концентраціях, коли інші методи очищення виявляються неефективними. Цей метод дозволяє уникнути витрат, пов'язаних з регенерацією сорбентів, оскільки використовувані сорбенти в поєднанні з біологічним очищенням виводяться разом з надлишковим активним мулом на подальшу обробку. Сорбет в суміші з активним мулом значно покращує вологовіддачу осаду, а при зброджуванні в метантенках збільшується вихід біогазу.

Метод біосорбції є не тільки ефективним, але й економічно доцільним як для інтенсифікації роботи діючих очисних споруд, так і для підвищення якості очищених стічних вод на знову проєктованих станціях аерації. Впровадження біосорбційних очищення дозволяє видалити зі стічних вод амонійний азот на 93,5%; СПАР – на 66,2%; нафтопродукти – на 99%; органічні речовини – на 76% за ХПК; і на 72% по БПК; при дозі сорбенту 500 мг / л.

## **СУЧАСНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПІСЛЯ ЗАКЛАДІВ ГРОМАДСЬКОГО ХАРЧУВАННЯ**

***Суворова О.П.***

*Науковий керівник – Благодарна Г.І., канд. техн. наук, доцент*

У наш час розвиток харчової промисловості, будівництво нових і розширення існуючих підприємств неможливе без вирішення проблеми очищення їх високозабруднених стоків. Кафе, ресторани, підприємства громадського харчування, а також промислові підприємства, чия діяльність пов'язана з виробництвом продуктів харчування, неминує в своїй виробничій діяльності стикаються з проблемою видалення жирів з води. Залежно від масштабу виробництва добовий обсяг жирової маси може становити від декількох кілограмів до кількох тонн. Насичена жиром стічна вода обов'язково повинна проходити очистку перед скиданням в каналізацію.

У разі неефективної очистки стічних вод, що формуються в подібних умовах, виникає цілком реальна загроза перевищення в них граничних норм вмісту жиру. Крім того в будь-який момент може статися закупорювання вхідних і вихідних отворів локальних очисних систем багат шаровими жировими пробками, що може спричинити за собою найсерйозніші наслідки.

Відповідно, виникає необхідність в організації локальних очисних споруд, розрахованих на очистку певної "категорії" стічних вод на територіях ресторанів, кафе або бістро та інших підприємств громадського харчування.

Рішенням цієї проблеми може стати (як один із варіантів) використання локальних очисних споруд AQUATEC. Вони працюють на основі унікальної технології біологічного очищення стічних вод останнього покоління VFL (Vertical Flow Labyrinth – вертикальний проточний лабіринт). В очисних спорудах з використанням цієї технології немає необхідності в застосуванні попередньої усереднювальної ємності або приєднання до септика, а для нормальної роботи в зимовий час не потрібно її обігрів. Для експлуатації установки очищення стічних вод AQUATEC не використовуються ніякі реагенти і змінні фільтри. Для нормальної роботи такої системи потрібно всього лише компресор, який подає стиснене повітря в аераційні елементи і одночасно забезпечує рециркуляцію активного мулу.

Відмінною особливістю локальних очисних споруд AQUATEC є наявність попереднього механічного очищення, яка забезпечується спеціальним знімним приймальним кошиком, завдяки якому утримуються неорганічні забруднення. Ефективність очищення становить 98%.

Процес очищення проходить за такою схемою: Стічна вода надходить в непродувний повітрям простір, де відбувається біологічне відділення азоту і створюються умови для часткового біологічного відділення фосфору. У цій частині відбувається також механічне попереднє очищення стічних вод і розкладання твердих забруднювачів.

Далі стічна вода під впливом сили тяжіння надходить в продувається повітрям активаційний об'єм з низько навантаженою активацією, де присутність кисню призводить до біологічної деградації органічного забруднення і до нітрифікації аміачного азоту.

У зоні сепарації відбувається відділення очищеної води від активного мулу. Очищена вода випускається в водотік для просочування в землю або рециркулюється, а активний мул який осів знову повертається в систему шляхом відкачування з дна.



Позитивними якостями використання цих моноблочних очисних споруд є: можливість багаторазових залпових скидів; тривалий період відсутності подачі стоків в очисну споруду (до 4 місяців); екстремальні температурні коливання в зимовий і літній періоди часу ( $-40^{\circ}\text{C}$  –  $+45^{\circ}\text{C}$ ); відсутність регулярного сервісного обслуговування (видалення надлишкового мулу) протягом 2 років; ненормований скид агресивних речовин; суттєве коливання рівня рН стічних вод та невеликі габарити споруди.

На підставі проведеного аналізу, можна зробити висновок, що установка таких локальних очисних споруд вирішить безліч проблем з якістю стічної рідини і дозволить повторно використовувати очищену воду як для технічних цілей на підприємстві, так і для поливу зелених насаджень.

## **СПОСОБИ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ГОСПОДАРЬСЬКО-ПИТНОЇ ВОДИ**

**Сушко А.А.**

*Науковий керівник – Дегтяр М.В., канд. техн. наук, доцент*

Вода – цінний природний ресурс. Вона приймає активну участь в процесах обміну речовин, що становлять основу життя, тому якість води відіграє виняткову роль.

У роботі пропонуються методи поліпшення якісних показників господарсько-питних вод за допомогою альтернативних методів підготовки. Оцінено можливість застосування дуплексної системи водопостачання. Запропоновано способи поліпшення якості господарсько-питної води.

Альтернативними варіантами водопостачання населення є:

1. Реконструкція існуючих очисних споруд;
2. Бутильована вода;
3. Мікрорайонні станції доочистки і реалізації питної води;
4. Дуплексна система питного водопостачання в житлових будинках.

Одним із шляхів вирішення проблеми забезпечення населення високоякісною і корисною для організму людини питною водою є використання прісних підземних вод і перш за все артезіанських, проте їх необхідно використовувати в розумних межах, оберігаючи їх від виснаження і забруднення.

Для раціонального використання водних ресурсів доцільно застосовувати дуплексну систему водопостачання. Відомо, що при централізованому водопостачанні середня потреба однієї людини в воді ви-

значається з розрахунку близько 300 л на добу. З цієї кількості лише 8 - 10 л води, тобто менше 5%, використовується для задоволення фізіологічних потреб людини (пиття, приготування їжі). Основний же обсяг води, що постачається населенню службами комунального водопостачання, застосовується для господарсько-побутових потреб (ванна, душ, прибирання приміщень, прання білизни тощо). Використовувати для цих цілей цінні водні ресурси, що пройшли певну водопідготовку, безумовно, нераціонально і марнотратно. Дуплексна система передбачає поділ води, що постачається населенню, для питних цілей і господарсько-побутових потреб. Вона може бути створена не тільки як доповнення до вже існуючих централізованих систем водопостачання, а й як локальний об'єкт. Застосування локальних систем підготовки і подачі води споживачам, особливо у віддалених населених пунктах, не забезпечених централізованим водопостачанням, є економічно доцільним, раціональним і корисним для здоров'я населення заходом.

В якості фільтруючих завантажень пристроїв доочищення води середньої продуктивності (колективного користування) використовуються інертні матеріали з високою структурною пористістю - до 80% і більше. Мета застосування таких пристроїв в побуті - очищення питної води від механічних домішок (3 мкм і більше). Ці пристрої особливо ефективні при доочищення питної води, яка вдруге забруднюється при проходженні через розподільну систему водопровідних труб. Для більш ретельного очищення застосовують сорбенти, головним чином, активоване вугілля.

Локальні установки відрізняються за продуктивності, за місцем встановлення, за розміром затримуваних домішок, за ціною.

Таким чином, використання альтернативних методів водопідготовки, дозволить:

- задовольнити потреби населення в чистій питній воді в необхідній кількості, необхідної якості і за доступною ціною;
- раціонально використовувати ресурси прісних підземних вод, запобігти їх виснаженню;
- підвищити технічну і санітарну надійність водопроводів;
- скоротити витрати на високоякісну підготовку води для питних цілей;
- забезпечити безпеку питної води під час виникнення надзвичайних ситуацій та терактів;
- поліпшити санітарно-гігієнічні показники питної води та на цій основі знизити ризик захворювань населення, пов'язаних з водним фактором;

- підвищити якість питної води об'єктів соціальної інфраструктури, включаючи школи, дитячі садки та лікарні;
- усунути дефіцит водопостачання в сільських населених пунктах.

## **ГЛИБИННІ СВЕРДЛОВИННІ НАСОСИ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА СОНЯЧНИХ БАТАРЕЯХ**

**Ткачова О.В.**

*Науковий керівник – Дегтяр М.В., канд. техн. наук, доцент*

Більшість водозабірних споруд в Україні були запроектовані та побудовані декілька десятків років тому і вже застарілі, як морально, так і фізично. Не винятком є і водозабірні споруди Борівського комунального водо-каналізаційного господарства (далі Борівське КВКГ), які розташовані в Харківській області, Борівському районі, смт Борова. Саме через застаріле обладнання, яке використовує багато електроенергії та вже не виконує свої функції в повній мірі через зношення, підвищує собівартість води.

Джерелом питної води в смт Борова є п'ять свердловин, глибиною близько 70м, які знаходяться на відкритій місцевості, на відстані понад 6км від населеного пункту.

В якості вдосконалення водозабірних споруд запропоновано глибинні насоси, які використовуються на даних свердловинах, замінити на глибинні насоси, що працюють на сонячних батареях – сонячні насоси та акумулятори для накопичення і збереження електроенергії.

Сонячні насоси є економічно ефективним та надійним методом для забезпечення водою там, де водні ресурси та лінії електропередач знаходяться на великій відстані (в смт Борова водозабірні свердловини та населений пункт розділяє густонасаджений сосновий ліс) та витрати на паливо і технічне обслуговування являються значними.

Недоліком насосів, які живляться від електромережі є те, що вони споживають велику кількість енергії, на відміну від сонячних насосів, які потребують значно менше енергії.

Сонячні батареї, як джерело енергетичного забезпечення, з кожним роком набувають все більшої популярності в усьому світі, зокрема в Україні.

Перехід до сонячного методу енергозабезпечення пояснюється рядом факторів:

1. екологічна чистота енергії сонця;
2. можливість безмежного використання (за прогнозами спеціалістів перетворення сонячної енергії буде доступне декілька мільярдів років);

3. відсутність викидів, зокрема парникових газів.

В якості сонячних насосів для Борівського КВКГ пропонується встановити шість (п'ять робочих та один резервний) глибинних насосів виробництва IBC Solar (Німеччина).

Перевагою саме цих насосів є те, що вони:

- ✓ призначені саме для безпосередньої роботи на сонячному генераторі;
- ✓ висота подачі 70м, швидкість подачі до 6,2 л/хв.;
- ✓ у разі закінчення води вичерпування проходить без пошкоджень;
- ✓ безперервна робота;
- ✓ виконані з корозійностійкого матеріалу, автоматичний запуск.

Вартість запропонованих насосів складає – 20220 грн. за одиницю, таким чином капіталовкладення будуть становити 121320 грн.

Також слід зазначити, що недоліком цих насосів є те, що для генерування сонячної енергії необхідні сприятливі погодні умови.

Найбільшими перевагами запропонованої технології є екологічний та економічний фактор. Зокрема:

- а) не використовуючи електроенергію, вироблену ТЕС чи ГЕС ми зберігаємо екологію – значно менше забруднюється атмосфера;
- б) відбувається менша зміна гідрологічного режиму рік ГЕС і як наслідок – забруднення на території водотоку;
- с) зниження забруднення радіоактивними та токсичними відходами.

Проведені дослідження з економічної ефективності дозволяють стверджувати, що заміна застарілих глибинних насосів на сонячні насоси споживання електроенергії знизиться в два рази, за рахунок цього можливе зменшення вартості водопостачання для населення смт Борова на 35,7% (з 15,56 грн./м<sup>3</sup> до 10 грн./м<sup>3</sup>).

Таким чином, при заміні свердловинних насосів, працюючих на електроенергії на насоси, працюючі на сонячній енергії досягається:

1. здешевлення вартості питної води для населення смт Борова;
2. простота експлуатації;
3. відсутність затрат на компенсацію втрат при транспортуванні електроенергії.

## **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ОЧИСНИМИ СПОРУДАМИ**

**Тютюнник А.В.**

*Науковий керівник – Дегтяр М.В., канд. техн. наук, доцент*

На сьогоднішній день проблема очищення стічних вод дуже актуальна. Стоки містять різні хімічні речовини і шкідливі домішки, які забруднюють і руйнують екосистему, негативно впливають на життя майбутніх поколінь. Тому стічні води перед скиданням підлягають обов'язковій очистці до показників, безпечних для навколишнього середовища (зазначених у нормативній документації).

Автоматизація процесу очищення стічних вод на сьогоднішній день стає все більш актуальною, як для існуючих каналізаційних очисних споруд, так і для знову запроєктованих.

Основною метою, яка ставиться при створенні автоматизованої системи, є скорочення витрат при експлуатації в сукупності з підвищенням якості очищення, і, як наслідок, зниження собівартості продукції, що випускається.

Зниження експлуатаційних витрат після впровадження системи автоматизації досягається: скороченням чисельності обслуговуючого персоналу, економією ресурсів (в т.ч. споживаної електроенергії, реагентів), збільшенням терміну служби технологічного обладнання внаслідок більш раціонального розподілу навантаження.

Призначення автоматизованої системи управління очисними спорудами:

- зниження експлуатаційних витрат і збільшення надійності технічних засобів шляхом здійснення автоматичного і централізованого дистанційного керування очисними спорудами;
- надання інформації про роботу обладнання і технологічних параметрів;
- облік споживання електроенергії;
- оповіщення центру диспетчерського управління про аварійних і позаштатних ситуаціях в функціонуванні обладнання.

Таким чином, приймаючи до уваги структурну схему автоматизованої системи керування очисними спорудами, можна виділити основні переваги застосування АСУ для очисних споруд:

- Автоматизація процесу дозволяє очисним спорудам працювати в повністю автоматичному режимі.
- Система автоматики дозволяє змінювати продуктивність очисних споруд в залежності від кількості стоків, що поступають, автоматично.

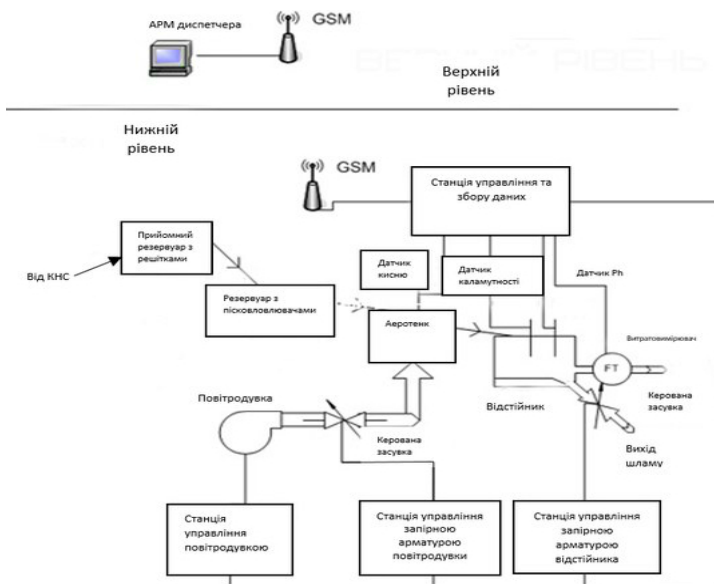


Рисунок 1 – Структурна схема автоматизованої системи керування очисними спорудами

- Система управління забезпечує автоматичний збір промивної води, відстоювання і слив осаду.
- Розроблене для очисних споруд програмне забезпечення може надавати можливість коригування заданих алгоритмів і технологічних уставок з сенсорної панелі оператора.
- Шафа управління для очисних споруд поверхнево-зливових і талих стічних вод може дозволяти проводити діагностику роботи технологічного обладнання, самодіагностику системи управління.
- Оперативна передача сигналів в диспетчерську про роботу і аварії установки.

## ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

**Чайка В.С.**

*Науковий керівник – Касімов О.М., д-р техн. наук, проф.*

Реалізація технічної політики і формування системи управління системами охорони навколишнього природного середовища повинна

орієнтуватися не на ліквідацію наслідків, а на усунення причин порушення їх екологічної, технічної та соціально-гігієнічної стабільності.

На вирішення цих завдань необхідно направляти стратегію управління, зокрема, на об'єктах басейнів річок, що протікають в аграрно-промислових регіонах України. Формування пріоритетів у вирішенні цих проблем має базуватися на:

- першочергової розробки і дослідження нових технологічних і еколого-гігієнічних методів, що забезпечують швидку окупність;
- необхідності підвищення рівня захисту здоров'я населення.

У Харківській обл. налічується 867 річок (в т.ч. 712 – в басейні р. С. Донець). У населених пунктах басейну проживає близько 11 млн. чоловік, в тому числі 85% - в містах і селищах міського типу. Тут розташовані понад 500 великих промислових підприємств і близько 100 з них є водоємними в екологічному відношенні.

В регіоні склався багатогалузевий водогосподарський комплекс: промислові, комунальні і сільськогосподарські підприємства, об'єкти рибного господарства та ін. В поверхневі водні об'єкти області надходять стічні води (СВ) 104 підприємств. Загальний обсяг скинутих СВ в поверхневі водойми басейну р. С. Донець становить 290-310 млн. м<sup>3</sup> / рік, з них забруднених – до 140 млн. м<sup>3</sup>. Маса забруднюючих речовин, які надійшли в р. С. Донець за вивчений період, склала 294 182 т / рік.

Промисловий комплекс м. Харкова та області вимагає значних обсягів води та створює серйозне техногенне навантаження на водні об'єкти. У 2013 р, за даними держстатзвітності, загальний забір води для Харківської обл. в басейні р. С. Донець склав 317 млн. м<sup>3</sup>. Очисні споруди в басейні р. С. Донець – це головні джерела накопичення в ньому сполук важких металів. Основне техногенне навантаження припадає на басейн р. Уди, в який входять річки Лопань, Харків, Рогозянка, Роганка і Студенок. Донні відкладення річок Уди і С. Донець забруднені важкими металами. При цьому значний обсяг забруднюючих речовин надходить в водний басейн Сівши. Дінця в Харківській обл. з Белгородської обл. РФ.

Одним з ефективних способів вилучення і розділення токсичних сполук рідкісних і важких металів (Me) з ПСВ є іонна флотація. Вона має високу ефективність, універсальність і економічність. В результаті взаємодії полііонні Me з збирачами – поверхнево-активними речовинами (ПАР) утворюються опади, які відокремлюють від розчину флотацією або фільтруванням для подальшої утилізації.

Досить широке поширення набув термін «доочищення» стічних вод, під яким мається на увазі комплекс заходів і апаратурно-

технологічних схем очищення ПСВ конкретного складу від використовуваних в технологіях реагентів-збирачів, в якості яких застосовують катіоно- або аніоноактивні ПАР. Розробка методів доочищення ПСВ дозволяє проектувати очисні «хвостові» установки, за допомогою яких створюються безстічні і маловідходні системи водопостачання промислових підприємств. Одним з можливих методів очищення ПСВ від ПАР є метод піноутворення.

*Висновок.* Встановлено, що очисні споруди в басейні р. С. Донець є головними джерелами накопичення в ньому сполук важких металів. Основне техногенне навантаження припадає на басейн р. Уди, в який входять річки Лопань, Харків, Рогозянка, Роганка і Студенок. Донні відкладення річок Уди і С. Донець також забруднені важкими металами. Для поліпшення екологічного стану басейну р. С. Донець необхідна розробка комплексної цільової програми за участю спеціалізованих науково-дослідних і проектних інститутів, академічних структур і вищих навчальних закладів.

## **ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ МІНЕРАЛЬНИХ СОРБЕНТІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ**

*Шевцов О.С.*

*Науковий керівник – Айрапетян Т.С., канд. техн. наук, доцент*

Централізоване водопостачання більшості населених пунктів України переважно ведеться з поверхневих вододжерел, що характеризуються високим рівнем забруднення. В даний час спостерігається сильне забруднення річкових вод внаслідок скидів неочищених стоків промислових підприємств і сільськогосподарських підприємств, що унеможливило використання поверхневих вододжерел для організації господарсько-питного водопостачання.

Існуючі споруди водопідготовки та застосовувані технологічні процеси часто вже не в змозі забезпечити необхідну якість питної води, оскільки розраховані на рівні забруднення поверхневих вод, що існували 40-50 років тому і, в основному, спрямовані на поліпшення насамперед органолептичних і мікробіологічних показників якості води.

У вітчизняному господарсько-питному водопостачанні використовуються типові технологічні схеми очистки: в залежності від ступеня забрудненості вихідної води – двоступенева (відстійники або освітлювачі зі шаром зваженого осаду – на першому ступені та швидкі фільтри – на другому ступені) або одноступенева (контактні освітлювачі



або прямооточні фільтри). Розглядаючи ці схеми з сучасних позицій, можна відзначити їх недостатню надійність і ефективність.

Внаслідок вищевикладеного, більш надійним джерелом водопостачання є підземні води.

Якість підземних вод по ряду таких показників як вміст заліза, марганцю, а в окремих випадках – фенолів, азотовмісних речовин, нафтопродуктів не відповідає вимогам СанПіН «Питна вода. Гігієнічні вимоги до якості води централізованих систем питного водопостачання. Контроль якості».

Одним з основних способів підготовки питної води є сорбція на пористих сорбентах (найчастіше фільтрування через нерухомий шар сорбенту). Як сорбенти використовують гранульоване і порошкове активоване вугілля, мінеральні адсорбенти, полімерні матеріали та ін.

До групи природних сорбентів відносять гірські породи і мінерали, що володіють високими адсорбційними, іонообмінними, каталітичними та фільтрувальними властивостями.

Вирішенням проблеми видалення заліза й інших елементів з підземних вод можуть стати цеолітові фільтри. Природні цеоліти є широко поширеною і дешевою сировиною, володіють унікальним спектром фізико-хімічних властивостей, адсорбційних і іонообмінних властивостей, завдяки чому вони знайшли застосування в технологіях очищення стічних вод і підготовки питної води.

Перспективним підходом до вирішення проблеми якості питної води є використання природних мінеральних сорбентів (ПМС) як в технологічних схемах на водопровідних станціях, так і для доочищення води споживачами.

До групи природних сорбентів відносять гірські породи і мінерали, що володіють високими адсорбційними, іонообмінними, каталітичними та фільтрувальними властивостями. Важливе значення при цьому мають умови активації природних мінеральних сорбентів.

Існують різні способи підвищення активності ПМС. Температурна активація ведеться при 150-400 °С, при цьому відбувається видалення сорбційної води, що підвищує сорбційну ємність. Сутність хімічної активації полягає в хімічній взаємодії реагенту з поверхневими групами структури сорбенту, що призводить до зміни їх хімічного складу, отримання додаткових активних центрів.

В експериментальних дослідженнях показано, що в системі кремій-водні розчини неорганічних солей відбувається інтенсивне осадження ряду металів: алюмінію, заліза, кадмію, цинку, свинцю та стронцію.

Використання фільтрів з ПМС дозволяє очистити воду від надмірного вмісту іонів заліза у вивченому інтервалі концентрацій від 0,5 до 40 мг/л. Після пропускання через фільтри з різними ПМС концентрація заліза знижується до величин, допустимих СанПіН. При цьому ефективність очистки води від заліза з застосуванням ПМС в інтервалі концентрацій від 0,5 до 5 мг/л не поступається ефективності активованого вугілля. При високих концентраціях заліза більш ефективним серед ПМС є шунгіт, який перевершує по ефективності активоване вугілля, кременій, і глауконітовий вапняк у 2 рази.

## **ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАХОРОНЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ МАТЕРІАЛІВ І ҐРУНТУ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ НА РАДІАЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ**

*Азаров І.В.*

*Науковий керівник – Фесенко Г.В., канд. техн. наук, доцент*

Одним із основних завдань, що виконуються при інженерному забезпеченні ліквідації аварій на об'єктах атомної енергетики є організація захоронення забруднених матеріалів (уламків) і ґрунту. Для реалізації даного завдання готують спеціальні могильники, як правило, котловинного типу, повністю чи частково заглиблені в землю. Могильники можна розташувати в залишених штольнях гірничих розробок, кар'єрах, які перебувають у межах санітарної зони на відстані 8-10 км від небезпечного об'єкту.

Сформулюємо вимоги до спорудження могильників та їх інженерне обладнання:

1. Відстань від могильника до магістральних доріг і населених пунктів тимчасового або постійного проживання людей має бути не меншою ніж 5 км.

2. Рівень ґрунтових вод у місці зведення могильника має бути не менше 4-6 м. При цьому глибина котловану визначається виходячи з умов збереження захисного шару ґрунту між дном котловану й рівнем ґрунтових вод не менше 1-1.5 м.

3. Групові могильники для слабоактивних уламків і ґрунту можуть об'єднувати від 4 до 10 окремих котлованів, об'ємом від 600 до 1500 м<sup>3</sup> і більше.

4. Дно котловану та стіни на висоту 1-2 м повинні мати гідроізоляцію з м'якої глини, будуватись із бетону, залізобетонних плит або інших гідроізоляційних матеріалів.

5. Могильники слід засипати шаром ущільненого ґрунту, товщиною не менше 1 м. Територія могильника має бути огорожена огорожею з колючого дроту на бетонних стовпах і, при необхідності, може охоронятись.

Досвід ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС у 1986-1990 роках показав, що при організації виконання завдань з інженерного забезпечення поховання радіоактивних уламків і ґрунту проводяться різні підготовчі й інженерно-технічні заходи.

Підготовчі заходи включають:

а) визначення можливого об'єму поховання різних матеріалів і ґрунту;

б) вибір майданчика для розміщення могильника у відповідності до викладених вище вимог;

в) визначення рівня залягання ґрунтових вод на місці майбутнього могильника;

г) розробка проектної документації й вказівок з завантаження забруднених матеріалів і експлуатації могильника.

До інженерно-технічних заходів з організації зведення могильника й поховання матеріалів і ґрунту належать:

а) прокладання доріг до могильника і розбивка майданчика;

б) відривання котловану й улаштування гідроізоляції дна і стін;

в) розвантаження уламків і ґрунту, а потім їх ущільнення в котловані;

г) засипання ґрунтом наповненого могильника та його консервація.

Підготовчі заходи і розробка проектної документації виконується на підставі прогнозування наслідків аварій на радіоактивному об'єкті, результатів інженерної розвідки місцевості й визначення рівня ґрунтових вод. Організація зведення могильника розпочинається із прокладання доріг і підготовки майданчика. До могильника прокладається, як правило, дві дороги для одностороннього руху (ґрунтові або поліпшеного типу) із шириною проїжджої частини 3-3,5 м і ділянками для роз'їзду через 300-350 м. Одна дорога для руху транспорту з радіоактивними матеріалами й ґрунтом. Друга – для руху порожніх машин і техніки. Для інженерного обладнання могильника, влаштування доріг до нього й засипання котловану слід задіяти інженерну техніку.

Для засипання котловану, заповненого забрудненими матеріалами й ґрунтом до встановленої позначки, використовується грант раніше вийнятий із котловану. Товщина засипання ґрунту приймається за проектом, але не менше 1 м. Після ущільнення ґрунту й планування насипу з метою надання йому нахилу для стікання дощових і талих

вод, поверхня могильника засипається чистим рослинним ґрунтом і засівається травою або проводиться посадка чагарників. Навкруги могильника викопується нагірна канава для відведення поверхневих вод у спеціальні водозбірники або канали.

Таким чином, захоронення радіоактивних матеріалів та ґрунту потребує реалізації ретельно спланованих процедур і їх чіткої реалізації із залучення спеціальної інженерної техніки.

## **ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕЛІКУ КОНТРОЛЬОВАНИХ РАДІОНУКЛІДІВ У ВИКИДАХ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ УКРАЇНИ**

*Дач В.В.*

*Науковий керівник – Фесенко Г.В., канд. техн. наук, доцент*

Функціонування атомних електростанцій (АЕС) України пов'язане з періодичним або систематичним скиданням продувних вод водо- йми-охолоджувача у водні об'єкти. Продувні води містять радіонукліди, здатні з водою і їжею потрапляти в організм людини, викликаючи додаткове опромінення. Незважаючи на те, що дози, одержувані населенням від скидів АЕС значно менше доз від природного радіоактивного фону, вони повинні бути, зменшені до мінімального рівня. Для вирішення цього завдання використовуються методи оптимізації радіаційного контролю продувних вод, одним з ключових етапів яких є етап вибору переліку контрольованих радіонуклідів.

Метою доповіді є показати підхід до вибору переліку контрольованих радіонуклідів у скидах АЕС.

Радіоактивні речовини на АЕС утворюються в результаті поділу ядер  $^{233}\text{U}$  і  $^{235}\text{U}$  та при активації нейтронами палива, теплоносія, сповільнювача і т.д. Незважаючи на те, що конструкція та експлуатація технологічних систем АЕС передбачають повну ізоляцію радіоактивних речовин від біосфери, в результаті ремонту, заміни обладнання та інших заходів на АЕС можливе попадання радіонуклідів у водні об'єкти. Для скидів АЕС встановлена квота ліміту дози за рахунок критичного виду водокористування, дорівнює 10мкЗв/год і квота за рахунок повітряного і водного шляхів формування дози – 80 мкЗв/год.

Використовуючи дані щодо скидів радіонуклідів у водойму-охолоджувач для реакторів типу ВВЕР АЕС України, можна оцінити їх відносні вклади в повну дозу для трьох вікових груп з урахуванням всіх головних шляхів формування дози при скиданні. Результати, наведені в таблиці 1, нормовані на дози, одержувані дорослими. Повна доза за рахунок всіх шляхів при скиданні для дорослих прийнята за

100%. Як впливає з наведених даних, критична група в даному випадку – група дорослих. Як показують розрахунки, основний внесок в дозу для цієї групи вносить споживання риби, а основні дозоутворюючими радіонуклідами - ізотопи цезію.

Таблиця 1 – Відносний внесок радіонуклідів у повну дозу, %

Радіонуклід	Немовлята	Діти	Дорослі
Ag-110m	0,01	0,01	0,01
Ce-144	0,01	0,01	0,01
Co-58	0,07	0,07	0,07
Co-60	15,41	15,61	15,70
Cr-51	0,02	0,02	0,02
Cs-134	1,87	5,32	25,13
Cs-137	3,71	11,68	55,95
Fe-59	0,04	0,04	0,04
I-131	0,02	0,01	0,01
Mn-54	0,14	0,14	0,14
Nb-95	0,00	0,00	0,00
Ru-103	0,03	0,03	0,03
Ru-106	0,00	0,00	0,00
Sr-89	0,00	0,00	0,00
Sr-90	0,16	0,27	0,35
Zn-65	0,01	0,01	0,02
Zr-95	0,05	0,05	0,05
H-3	2,81	1,83	2,49
Сума, %	24,35	35,07	100,00

При організації оптимального радіаційного контролю за вмістом радіонуклідів у водних об'єктах під час скидів АЕС, з таблиці необхідно вибрати ті радіонукліди, чий внесок в опромінення критичної групи вище 0,1%. Крім контролю об'ємної активності обраних радіонуклідів для оперативного контролю рекомендується вимірювати сумарну об'ємну бета-активність в контрольованих водних об'єктах. Це - усереднений інтегральний параметр, що характеризує суму майже всіх основних дозоутворюючих радіонуклідів у скидах, і його стабільність протягом великого проміжку часу вказує на стабільність роботи АЕС і систем очищення скидів. У доповіді показано підхід до вибору переліку контрольованих радіонуклідів. Розглянуто основні вклади радіонуклідів в повну дозу опромінення від скидів для немовлят, дітей і дорослих.

## СТАН УМОВ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Ігнатенко А.А.*

*Науковий керівник – Серіков Я.О., канд. техн. наук, доцент*

На сучасному етапі розвитку України спостерігається загострення проблем у сфері умов праці. Це обумовлено тим, що значна частина працівників працює або у шкідливих умовах або в важких. Дослідження проблем, пов'язаних із забезпеченням сприятливих умов праці, вивченням причин виникнення виробничого травматизму і професійних захворювань є одним з актуальних напрямків сучасної науково-дослідницької роботи.

Промислова безпека та охорона праці шахтарів знаходяться в незадовільному стані і характеризуються високим рівнем виробничого травматизму, в тому числі зі смертельними наслідками. В першу чергу це пов'язано з надзвичайно складними гірничо-геологічними умовами вуглевидобутку, а також низьким у порівнянні з показниками провідних вугільних держав рівнем її технічного та технологічного забезпечення. Вирішення цієї проблеми ускладняється численними порушеннями технологічної та виробничої дисципліни на багатьох шахтах, суттєвими недоліками в організації державного нагляду за безпечним веденням гірничих робіт на вугледобувних підприємствах всіх форм власності.

Для виконання розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження плану першочергових заходів щодо підвищення техніки безпеки і охорони праці на вугледобувних та шахтобудівних підприємствах» Держгірпромнаглядом разом з Мінвуглепромом і галузевими профспілками здійснено перевірку (тестування) вугільних підприємств. Зокрема, згідно з розробленим і затвердженим Рекомендованим критеріям, здійснювалася оцінка відповідності нормам і правилам техніки безпеки і охорони праці. встановлено, що з 61-ї шахти, які підлягали перевірці, тільки 5 відповідають вимогам нормативно-правових актів з промислової безпеки та охорони праці.

Найбільш характерними показниками тестування шахт, на яких рівень промислової безпеки та охорони праці визнано незадовільним, є:

- виробничий травматизм і профзахворювання – незадовільний стан на 49 вугледобувних підприємствах;
- виділення коштів в розмірі не менше 2% від реалізації продукції і держпідтримки на придбання засобів індивідуального та колективного захисту – незадовільна ситуація на 25 підприємствах;

- відповідність транспортних засобів вимогам безпеки (в т.ч. – стан локомотивного транспорту, рухомий склад рудникового транспорту, стан рейкових шляхів) - незадовільна ситуація на 34 підприємствах;

- забезпеченість підприємств засобами протипожежного захисту (вогнегасники, протипожежні трубопроводи, крани, рукава і т.п.) – незадовільно на 36 підприємствах.

Аналіз аварійності (за даними ДВГРС Мінвуглепрому України за період 1991-2009 рр.) Показує, що сталося 3312 аварій і аварійних ситуацій. З тисяча сімсот сімдесят дев'ять аварій підземні пожежі становлять близько 53%, вибухи газу та вугільного пилу – 3%, раптові викиди вугілля і газу – 4%, обвалення - 25%, затоплення виробок – 1%, аварії на поверхні – 14%. Із загальної кількості аварій найбільшу питому вагу займають підземні пожежі. Слід зазначити, що їхня середньорічна кількість за 1991-1995, 1996-2000, 2001-2006 рр. має тенденцію до зниження, однак частка цих пожеж в загальній кількості аварій зменшується значно меншими темпами і за зазначені періоди становить відповідно 55,7, 54,5 і 39,8%. Такі аварії крім загибелі людей приносять великі економічні збитки, виводячи з ладу ділянки і цілі шахти.

Проблема безпечного ведення робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ, не може бути вирішена без постійного оперативного диспетчерського контролю їх газової динаміки і ступеня напруженого стану гірського масиву.

Чи не найбільш значущим «травмуючим фактором» на шахтах є гостра серцева недостатність (18,6%). За останні 10 років (1998-2008 рр.) На робочому місці або після виїзду з шахти померло 271 осіб. За 6 місяців цього року в результаті гострої серцевої недостатності та інсульту

Небезпека шахтарської праці, високий рівень аварійності та травматизму є однією з основних причин повільного розвитку вугільної галузі України, що обумовлює необхідність вироблення ефективних заходів у сфері охорони праці.

В роботі розглянута і проаналізована структура і динаміка аварійності та виробничого травматизму на підприємствах вугільної промисловості. Одним з перспективних напрямків досліджень є вироблення соціальних, економічних, технічних і організаційних заходів щодо подолання сформованої ситуації в галузі.

## **МОЖЛИВОСТІ РОСЛИННИХ АДАПТОГЕНІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ДО ФІЗИЧНИХ І ПСИХОЕМОЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

**Стеценко В.О.**

*Науковий керівник – Черепньов І.А., канд. техн. наук, доцент  
(Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка)*

Не дивлячись на те, що протягом 2008-2015 рр. в Україні намітилися деякі ознаки щодо зниження чисельності надзвичайних ситуацій (НС), зберігається високий рівень їх екологічних наслідків. З огляду на підвищений рівень техногенного навантаження на навколишнє середовище, яка майже в 5 разів перевищує аналогічну в розвинених країнах, катастрофічне забруднення повітря, води і ґрунту, практично 100% зношеність українських доріг, залізничної інфраструктури і морських портів, ймовірність виникнення НС залишається високою.

В умовах НС організм людини відчуває значні фізичні та психо-емоційні навантаження, що висуває підвищені вимоги до підготовки і забезпечення дій рятувальників Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ГСЧС). У практиці військової медицини апробовані методи щодо застосування препаратів які мають властивості адаптогенів (адаптоген – засіб, що викликає стан не специфічно підвищеної опірності організму до дії несприятливих факторів зовнішнього середовища і особливостей трудової діяльності). У т.ч. найчастіше застосовуються штучно синтезовані речовини (наприклад – дибазол). Але в ряді випадків вони мають яскраво виражений побічний ефект, тому доцільно звернути увагу на незаслужено забуті препарати рослинного походження. На малюнку представлені результати експерименту по вплив женьшеню і фенаміну на виконання роботи, що вимагає тонкої координації рухів. Як показує отриманий графік, максимальний ефект при застосуванні фенаміну і женьшеню спостерігається через 1 год. після прийому. В іншому динаміка дії препаратів різниться. Позитивна стимулююча дію фенаміну тривала менше 2 год. і потім настала тривала негативна післядія. Дія женьшеню не мала ніяких негативних фаз і тривала 3,5-5 год. і більше.

При порівняльному випробуванні, проведеному в умовах тривалого (80 діб) плавання в підводному положенні, 126 осіб з числа екіпажу підводного човна брали три види адаптогенів: екстракт левзеї і елеутерококу, а так же синтетичний дибазол. Екстракт левзеї мав наступні переваги:



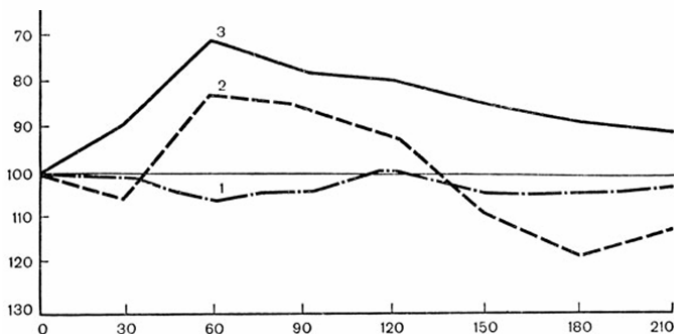


Рисунок 1 – Вплив женьшеню і фенаміну на виконання роботи, що вимагає тонкої координації рухів.

На осі ординат – відсоток помилок (за 100% прийнято вихідний рівень без застосування медикаментозних засобів); на осі абсцис – час повторних тестів (через кожні 30 хв.).

1 – контрольні дослід; 2 – дослід з прийомом 0,02 г фенаміну; 3 – дослід з прийомом 2 мл рідкого екстракту культивованого (вирощеного в розпліднику) кореня женьшеню

- 1) працездатність підводників збільшилася на 15-20%;
- 2) одночасно зменшився витрата енергетичних резервів організму – рівень глікогену через 5 ч роботи вище контролю на 30%;
- 3) шкідливих ефектів не було виявлено.

Крім того, адаптогени рослинного походження досить ефективні при реабілітації осіб, які отримали радіаційне ураження.

## ЗМІСТ

### **РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ОСВІТЛЕННЯ МІСТ, ЯКІ ПІДВИЩУЮТЬ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ НАДІЙНІСТЬ**

<i>Колеснік В.Е.</i> Дослідження кореляції між наявністю кабельних ліній електро- постачання та показниками надійності .....	4
<i>Дюмін Е.С.</i> Світлодинамічна система освітлення диспетчерських пунктів .....	6
<i>Колеснік О.А.</i> Впровадження й розширення функцій систем управління зов- нішнього освітлення міста .....	8
<i>Мудраченко Н.Ю.</i> Модернізація системи освітлення виробничих приміщень ...	9
<i>Ващенко А.Г.</i> Освітлення паркових зон за допомогою світильників на соняч- них батареях .....	10
<i>Николаєв І.В.</i> Розробка автономної системи освітлення гібридного типу .....	11
<i>Буряков Б.В.</i> Інтелектуальні системи управління освітленням .....	12
<i>Колеснік О.А.</i> Вдосконалення і перспективи світлодіодних систем освітлення для житлових будинків .....	13
<i>Огуй О.А.</i> Світлодіодне ландшафтне освітлення .....	15
<i>Ходосова А.М.</i> Освітлення акваріума .....	16
<i>Сергійчук А.А.</i> Переваги і актуальність світлодіодного освітлення .....	18
<i>Скаліга А.Ю.</i> Енергоефективний проект освітлення магазину .....	19
<i>Довгаль А.О.</i> Зовнішнє освітлення сучасного мегаполісу як інструмент підви- щення безпеки і туристичної привабливості .....	20
<i>Красношапка К.І.</i> Розробка циркадноєфективної освітлювальної установки промислового приміщення .....	21
<i>Приходько Ю.О.</i> Роль світлодіодної підсвітки мостів в загальній концепції освітлення сучасного міста .....	22
<i>Буцківська А.С.</i> Фотометрія світлодіодів .....	23
<i>Говорова К.В.</i> Ультрафіолетові світлодіоди: стан та напрямки використання ...	24
<i>Буцківська А.С.</i> Особливості внутрішнього освітлення. Циркадний ритм .....	26
<i>Опришко К.М.</i> Модернізація систем освітлювальних установок в громадських будівлях і спорудах .....	27
<i>Артеменко Д.Г.</i> Світильники комбінованого освітлення .....	29
<i>Олійник А.В.</i> Проблеми світлового забруднення .....	29
<i>Єнокан О.Р.</i> Монтаж освітлювальних установок в громадських будівлях і спорудах .....	31
<i>Павлюк Н.А.</i> Розробка автономної системи освітлення для парків і скверів .....	33
<i>Бордюг О.О.</i> Органічні світлодіоди. Перспективи розвитку .....	34
<i>Чернікова А.В.</i> Оригінальні модульні світильники в інтер'єрі .....	35
<i>Кравченко В.Ю.</i> Освітлення океанаріуму .....	37
<i>Рюмина В.Л., Фоменко Д.В.</i> Розробка накопичувача енергії на основі висо- котемпературній надпровідності і перспективи його застосування в локальних електричних мережах .....	39
<i>Зайцева І.В.</i> Впровадження нових марок кабелів і технологій експлуатації кабельних ліній в умовах крупного міста .....	41
<i>Губка С.С.</i> Підвищення надійності розподільчих мереж 6-10 кВ шляхом за- стосування сучасних захисних і комутаційних апаратів .....	43
<i>Горайнова К.А.</i> Графіки і аварійні системи зниження електроспоживан- ня .....	45

<i>Пахущий С.П., Герман М.В.</i> Аналіз існуючих систем керування електроприводом ліфта .....	47
<i>Матусевич Я.С., Єздолицький А.Л.</i> Розробка та дослідження регульованого електроприводу центрифуги на цукровому заводі .....	48
<i>Юрченко В.О.</i> Дослідження електричного устаткування побутових кондиціонерів .....	49
<i>Мірош Ю.О., Кофанов В.В.</i> Механічні коливання провідників, при протіканні електричного струму .....	51
<i>Дашенкова А.С., Стаценін Д.С.</i> Дослідження можливості працездатності індукційного нагрівального елементу .....	52
<i>Лавренова Т.О.</i> Підвищення ефективності роботи фотоелектричного перетворювача за рахунок комбінації його із сонячним колектором .....	53
<i>Євсєєва Д.О., Курдеман М.К.</i> Дослідження коефіцієнтів трансформації в трансформаторах напруги із перпендикулярною намоткою обмоток .....	55
<i>Какацій О.С.</i> Ідентифікація корони змінного струму в лініях електропередач напругою 100 кВ та вище .....	56
<i>Тетерев В.О.</i> Ознаки корони змінного струму в лініях електропередач для цілей визначення втрат .....	57
<i>Дашенкова А.С., Стаценін Д.С.</i> Підвищення ефективності використання електричної енергії на опалення застосуванням теплових насосів .....	58
<i>Курдеман М.К.</i> Розрахунок сонячної інсоляції для сонячної електростанції .....	59
<i>Смирєньська Л.В.</i> Метод акумулювання електричної енергії .....	60
<i>Плєшакова М.А.</i> Особливості роботи трансформаторів струму .....	62
<i>Махотка В.О.</i> Моделювання релейного захисту засобами програмного комплексу для енергетики модус .....	63
<i>Нечволод В.О.</i> Використання апарату нечіткої логіки при виборі оптимального перерізу проводів ліній електропередачі .....	65
<i>Агафонова І.О.</i> Питання застосування напруги 20 кВ для розподільних електричних мереж в Україні .....	67
<i>Перепечена С.С.</i> Підвищення ефективності розподільних електричних мереж напругою 0,4-35 кВ .....	69
<i>Ткаченко В.С.</i> Енергоаудит систем зовнішнього освітлення .....	71
<i>Лаврова Ю.І.</i> Впровадження енергоефективних технологій в системи зовнішнього освітлення .....	72
<i>Гуртова Г.В.</i> Пошук оптимального резерву потужності електроенергетичної системи України .....	73
<i>Положенцев К.О.</i> До питання енергозбереження в електроприводах насосів для підкачки води на верхні поверхи висотних будинків .....	74
<i>Капуза М.В.</i> Автоматизована система обліку електричної енергії ХНУМГ ім. О.М. Бекетова .....	76
<i>Троїцька В.С.</i> Модернізація схеми ослаблення поля рухомого складу з двигунами постійного струму .....	78
<i>Доценко М.Ю., Фурсов В.В.</i> Діагностування обладнання пасажирських ліфтів .....	80
<i>Бєліков О.М., Юрченко Е.Л.</i> Вплив гармонік на тепловий стан асинхронного двигуна при живленні його від перетворювача частоти .....	82
<i>Панасенко К.С., Семенов С.Г.</i> Дослідження двигуна на постійних магнітах при використанні осердя статора базового асинхронного двигуна .....	84
<i>Суржук О.О., Швець О.М.</i> Вдосконалення реостатного пуску тягового електроприводу вагона метро серії Еж-3 .....	87
<i>Щєглова А., Лєонова І.В.</i> Моделювання зношування поверхонь тертя вузлів і деталей машин .....	89

<i>Фолощняк Д.В.</i> Випробування сталевалюмінієвого контактного проводу для використання на підприємствах міського електротранспорту .....	91
<i>Чубенко В.В., Мізак О.В.</i> Автоматизовані засоби діагностування електрообладнання гібридних тролейбусів .....	92
<i>Шолохова В.І.</i> Розробка асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором та визначення методів діагностики параметрів, що впливають на його роботу .	93
<i>Мінько Д.С.</i> Аналіз умов експлуатації і ремонту електрообладнання рухомого електротранспорту та розробка комплексу задач його якісного технічного обслуговування .....	96
<i>Коваль С.С.</i> Діагностування та дослідження показників надійності рухомого складу електротранспорту .....	99
<i>Обруч В.А.</i> Керування технічним станом рухомого складу міського електричного транспорту за допомогою діагностування .....	102
<i>Коник І.Г.</i> Діагностування електричних машин рухомого складу міського електричного транспорту .....	104
<i>Шокало В.І., Чечерінда Д.О.</i> Моделювання і автоматизація діагностики електронних пристроїв на транспортних засобах .....	106
<i>Тихоненко Б.Г.</i> Перспективи впровадження асинхронного приводу з векторним управлінням на МЕТ .....	108
<i>Левченко Ю.Ю.</i> Облік та моделювання витрат електроенергії на електричному транспорті .....	110
<i>Лисенко Ю.О.</i> Діагностування гальмівних систем автомобілів .....	113
<i>Кулік П.М.</i> Модернізація схеми ослаблення поля тягових електродвигунів послідовного збудження .....	117
<i>Сорока А.Е.</i> Розробка перетворювача для живлення власних потреб електрообіля .....	119
<i>Шипіленко А.О.</i> Підвищення експлуатаційної надійності акумуляторних батарей електромобіля .....	121
<i>Белов А.Ю.</i> Розробка інноваційних методів діагностування систем запалювання транспортних засобів .....	123
<i>Бугайов Є.М.</i> Розробка засобів діагностування електродвигунів транспортних засобів .....	125
<i>Малиновська Н.Ю.</i> Підвищення якості експлуатації вагонів метрополітену у м. Харкові .....	127
<i>Гурин М.А.</i> Ресурсозберігаючі режими і технології обслуговування і ремонту акумуляторних батарей рухомого складу електротранспорту .....	128
<i>Чекаєв С.С.</i> Розробка сучасних засобів діагностування акумуляторних батарей транспортних засобів .....	130
<i>Герман М.В., Пахуций С.П.</i> Перспективи мікропроцесорних систем керування електроприводом ліфта .....	132
<i>Каці Л.О.</i> Дослідження зусиль на трамвайний вагон та системи генерації додаткової енергії з рухомих частин трамвая .....	133
<i>Жадан Ю.О.</i> Дослідження пч-ад фірми «Шнайдер електрик» та використання до модернізації м. Харків .....	135
<i>Уханов О.Ю.</i> Використання нетрадиційних джерел енергії на підприємствах транспорту .....	138
<i>Черненко І.С.</i> Лабораторна робота з дослідження акумуляування енергії на транспорті .....	139
<i>Мартинов Ю.В.</i> Математична модель генератора комбінованого збудження для вантажних автомобілів та тракторів .....	142
<i>Іващенко М.О.</i> Вибір оптимальної конструкції сонячного трекера для підвищення ефективності роботи сонячної електростанції .....	145

<i>Киценко О.Р.</i> Розумні дороги – електрофіційовані дороги майбутнього .....	146
<i>Чоломбисько О.А.</i> Розроблення програмного забезпечення для автопілоту транспортного засобу .....	149
<i>Агарков І.В., Окрутний А.Б.</i> Розробка системи керування та електричної схеми приводу електромотобіля .....	151
<i>Кутовий Д.В, Кияшко Є.О.</i> Розробка зарядного пристрою з автоматичною системою керування .....	152
<i>Кладковий І.О.</i> Система контролю та температурної стабілізації вузлів АКПП з використанням термоелектричних напівпровідникових перетворювачів .....	154
<i>Іваннікова К.О., Іваннікова Ю.О.</i> Дослідження динамічних характеристик асинхронного двигуна .....	156
<i>Ізотов Е.О., Мищенко О.П.</i> Розробка головного електроприводу поздовжньо-стругального верстата з послідовною системою стабілізації швидкості .....	159
<i>Пирожков О.В.</i> Розробка електроприводу швидкісного ліфта .....	162
<i>Грінченко О.О.</i> Системи випробувань на вібраційну надійність в умовах двокоординатного ударного навантаження .....	165
<i>Ваніна К.В.</i> Оптимізація програм руху транспортних засобів метрополітену ....	166
<i>Кулик І.А.</i> Вплив повітряного опору на кінематичні й геометричні характеристики поїздів метрополітену .....	167

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ІНЖЕНЕРНОЇ ЕКОЛОГІЇ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ. ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ГОСПОДАРЧО-ПИТНОЇ ВОДИ ТА ВОДИ, ЩО СКИДАЄТЬСЯ У ВОДОЙМИЩА**

<i>Бегучова В.І.</i> Методи дефосфатизації міських стічних вод .....	168
<i>Варнавська О.В.</i> Очищення води та нафтошламу після нафтопереробних підприємств .....	169
<i>Гресь О.В.</i> Підвищення ефективності фільтрування води на очисних спорудах водопроводу .....	171
<i>Гриненко Н.І.</i> Очисні споруди для очищення стічних вод автомийок .....	173
<i>Дворовенко А.І.</i> Аналіз методів знезараження питної води .....	174
<i>Євдошенко В.В.</i> Фізико-хімічні основи процесу коагуляції домішок природних вод .....	176
<i>Єрємїна В.О.</i> Проблема реконструкції очисних споруд каналізації невеликих населених пунктів .....	178
<i>Кияшко О.О.</i> Інтенсифікація процесу коагуляційної очистки води з використанням мікро-піску .....	179
<i>Лук'янова Х.І.</i> Водовідведення малих населених пунктів з використанням локальних очисних споруд .....	181
<i>Остапенко Л.С.</i> Очистка стічних вод молочної промисловості .....	183
<i>Стужук О.А.</i> Застосування біосорбційного методу для очищення стічних вод .....	185
<i>Суворова О.П.</i> Сучасне очищення стічних вод після закладів громадського харчування .....	186
<i>Сушко А.А.</i> Способи поліпшення якості господарсько-питної води .....	188
<i>Ткачова О.В.</i> Глибинні свердловинні насоси, що працюють на сонячних батареях .....	190
<i>Тютюнник А.В.</i> Автоматизована система управління очисними спорудами .....	192
<i>Чайка В.С.</i> Основні джерела забруднення поверхневих водних об'єктів .....	193
<i>Шевцов О.С.</i> Використання природних мінеральних сорбентів для покращення якості питної води .....	195
<i>Азаров І.В.</i> Особливості організації захоронення забруднених матеріалів і ґрунту при ліквідації наслідків аварій на радіаційно небезпечних об'єктах .....	197

<i>Дач В.В.</i> Про визначення переліку контрольованих радіонуклідів у викидах атомних електростанцій України .....	199
<i>Ігнатенко А.А.</i> Стан умов та охорони праці на підприємствах вугільної промисловості .....	201
<i>Стеценко В.О.</i> Можливості рослинних адаптогенів щодо підвищення стійкості організму людини до фізичних і психоемоційних навантажень в умовах надзвичайних ситуацій .....	203

Наукове видання

Матеріали X Всеукраїнської студентської науково-технічної  
конференції «Сталий розвиток міст»  
(82-а студентська науково-технічна конференція  
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова)

25-27 квітня 2017 р.

ЧАСТИНА 2

За загальною редакцією проф. *Сухонос М. К.*

*Матеріали конференції опубліковані в авторській редакції*

Відповідальний за випуск *Старостіна А. Ю.*

Технічний редактор *Мамасєва О. В.*

---

Формат 60х84 1/16. Підп. до друку 20.04.2017 Ум. друк. арк. 12,35.  
Друк на ризографі. Тираж 70 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства  
імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4705 від 28.03.2014